



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
(UNAN-MANAGUA)**

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARÍO**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS**

**CARRERA INGENIERIA CIVIL**

***Monografía para optar al título de Ingeniero Civil.***

***Título: Diseño y planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, para un periodo de diseño de 15 años.***

**Autores:**

***Br. Bladimir Antonio Gago Matus***

***Br. Johnny Antonio Picado Zeledón***

***Br. Armando José Rodríguez Briones***

**Tutor:**

***Ing. Francisco Ernesto Cuadra Chevez***

**Managua, Nicaragua**

**Agosto de 2012**

## Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>6</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>15</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>17</b>
<b>JUSTIFICACION .....</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
OBJETIVO GENERAL:.....	20
OBJETIVOS ESPECIFICOS: .....	20
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE TICUANTEPE.....</b>	<b>21</b>
GENERALIDADES DE MUNICIPIO DE TICUANTEPE .....	22
1.1 FICHA MUNICIPAL DE TICUANTEPE- MANAGUA .....	22
1.2 RESEÑA HISTORICA.....	24
1.3 HABITAT HUMANO: DIAGNOSTICO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS.....	25
1.4 MEDIO FISICO NATURAL.....	31
<b>CAPITULO II: ESTUDIOS DE INGENIERIA.....</b>	<b>37</b>
2.1 ESTUDIO TOPOGRAFICO .....	38
2.1.1 Equipo topográfico.....	38
2.1.2 Desarrollo de un levantamiento topográfico.....	39
2.1.3 Planimetría.....	40
2.2 ESTUDIO DE SUELO .....	54
2.2.1 Suelo .....	54
2.2.2 Límites de consistencia (de Atterberg).....	55
2.2.3 CBR (Valor relativo soporte) .....	55
2.2.4 Clasificación de los suelos.....	56
2.2.5 Compactación de suelos.....	57
2.2.6 Estudio de Campo .....	58
2.2.7 Estudio de Laboratorio .....	59
2.2.8 Resultados Obtenidos.....	66
2.3 ESTUDIO DE TRANSITO .....	72
2.3.1 Tipos de Transito.....	72
2.3.2 Volumen de Transito.....	73
2.3.3 Aforo Vehicular.....	75
2.3.4 Memoria de Cálculo.....	82
2.4 ESTUDIO HIDROLOGICO .....	85
2.4.1 Metodo Racional.....	85
2.4.2 Memoria de Cálculo .....	87
2.5 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	90

2.5.1 Descripción actual ambiental y biótico .....	90
2.5.2 Programa de Mitigación de los Impactos Ambientales .....	95
<b>CAPITULO III: DISEÑOS .....</b>	<b>99</b>
3.1 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	100
3.1.1 Normas, Criterios y Especificaciones .....	100
3.1.2 Normas, Criterios y Especificaciones utilizadas en el Diseño del Proyecto ...	101
3.2 CURVAS HORIZONTALES.....	105
3.2.1 Alineamiento Horizontal: .....	105
3.2.2 Rasante .....	105
3.2.3 Bombeo .....	105
3.2.4 Peralte o sobre elevación.....	105
3.2.5 Curvas horizontales continuas .....	106
3.2.6 Elementos Geométricos de una Curva Horizontal.....	106
3.2.7 Ecuaciones. ....	108
3.2.8 Criterios para Proyectar Curvas Circulares en el Campo. ....	109
3.2.9 Tipos de curvas horizontales.....	110
3.2.10 Curvas de transición. ....	111
3.2.11 Elementos de la Curva de Transición.....	111
3.2.12 Diseño de la curva de transición. ....	113
3.2.13 Sobre ancho .....	113
3.2.14 Cálculo del sobre ancho de diseño. ....	114
3.2.15 Transición del bombeo a la sobre elevación .....	114
3.2.16 Desarrollo del peralte por el borde interior. ....	114
3.2.17 Peralte de diseño .....	115
3.2.18 Transición del bombeo (Valor "N") .....	115
3.2.19 Longitud Mínima de la Curva de Transición. ....	116
3.2.20 Cálculo de los Elementos de la Curva de Transición.....	117
3.2.21 Replanteo de Curvas Horizontales.....	118
3.3 CURVAS VERTICALES.....	119
3.3.1 Longitud Crítica de una Tangente Vertical. ....	119
3.3.2 Longitud de Curvas Verticales. ....	122
3.3.3 Elementos de la Curva Vertical. ....	123
3.3.4 Ecuaciones .....	125
3.4 MEMORIA DE CÁLCULO.....	125
3.5 DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES .....	126
3.5.1 Curva Horizontal 1 .....	126
3.5.2 Curva Horizontal 2 .....	132
3.5.3 Curva Horizontal 3 .....	137
3.5.4 Curva Horizontal 4 .....	143
3.5.5 Curva Horizontal 5 .....	148
3.6 DISEÑO DE CURVAS VERTICALES.....	154
3.6.1 Curva vertical 1.....	154
3.6.2 Curva vertical 2.....	157
3.6.3 Curva vertical 3.....	161
3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	164
3.2.1 Adoquines.....	164
3.2.2 Método de Diseño Estructural de Pavimento .....	165

3.2.3	Espesor de la Estructura.....	167
3.2.4	Diseño de la Carpeta de Rodamiento .....	168
3.3	DISEÑO HIDRAULICO. ....	174
3.3.1	Sistema de Drenaje Pluvial. ....	174
3.3.2	Cunetas .....	175
3.3.3	Drenaje Transversal.....	176
3.3.4	Memoria de Cálculo .....	176
<b>CAPITULO IV: BALANCEO DE EQUIPO .....</b>		<b>179</b>
4.1.	MOVIMIENTO DE TIERRA.....	180
4.1.1	Volumen en banco .....	180
4.1.2	Volumen suelto (Vs):.....	181
4.1.3	Volumen compacto (Vc):.....	181
4.1.4	Abundamiento.....	181
4.1.5	Enjuntamiento.....	181
4.1.6	Excavación y terraplén:.....	181
4.1.7	Excavación: .....	181
4.1.8	Corte:.....	181
4.1.9	Relleno o Terraplén .....	182
4.2	EQUIPO PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA.....	182
4.2.1	Limpieza o descapote: .....	182
4.2.2	Extracción del material excavado:.....	182
4.2.3	Suministro de material selecto: .....	182
4.2.4	Nivelación del terreno: .....	182
4.2.5	Riego: .....	183
4.2.6	Compactación: Este proceso debe efectuarse tal como se explica en el capítulo 2. ....	183
4.3	CONSIDERACIONES PARA EL USO DE EQUIPO. ....	183
4.3.1	Efecto de la pendiente: .....	183
4.3.2	Tiempo de ciclo:.....	183
4.3.3	Productividad real o efectiva:.....	183
4.4	EQUIPO A UTILIZAR.....	184
4.5	MEMORIA DE CÁLCULO. ....	185
<b>CAPITULO V: PLANEACION Y PRESUPUESTO.....</b>		<b>197</b>
5.1	COSTOS DE PROYECTOS.....	198
5.1.1	Variables que se deben considerar para calcular el presupuesto de un proyecto .....	198
5.1.2	Costos indirectos por administración y utilidad.....	199
5.2	EL PROCESO DE PLANEACIÓN .....	199
5.2.1	Técnicas de programación.....	199
5.2.2	Diagrama de Gantt.....	200
5.2.3	Camino o ruta crítica. ....	200
5.2.4	Actividades críticas. ....	200
5.2.5	Microsoft Project .....	201
5.3	MEMORIA DE CÁLCULO .....	201
5.3.1	Cantidad de materiales requeridos para la construcción del proyecto.....	201
5.3.2	Resumen de cantidad de materiales. ....	206

5.4 PLANEACIÓN .....	207
5.4.1 Actividades que componen el proyecto .....	207
5.5 DURACIONES.....	208
5.6 PRESUPUESTO.....	214
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>222</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>225</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA .....</b>	<b>227</b>
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS.....</b>	<b>229</b>
ESPECIFICACIONES GENERALES.....	229
ESPECIFICACIONES DETALLADAS .....	230
<b>ANEXOS .....</b>	<b>250</b>
TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA. ....	250
RESUMEN DE RESULTADOS.....	278
FOTOS.....	281
PLANOS .....	288

## *Agradecimientos*



A mi buen padre Dios que siempre me ha acompañado y me ha dado la fuerza, paciencia, voluntad y sabiduría para seguir adelante en esta carrera, en esta vida de estudio, superando cada obstáculo, cada adversidad y prueba que se cruzaba en el camino.



A mi madre la Virgen María que con sus oraciones me acercó más a Cristo y debido a ello no me alejé de mis estudios y supe seguir un buen camino. Si hoy estoy aquí redactando estas páginas que se quedan cortas para agradecerles, es por ellos.

A mis padres terrenales que DIOS me regaló porque fueron los que siempre estuvieron ahí apoyándome en todo momento, en todas circunstancias y a pesar de los tiempos de necesidades y de angustias, nunca me negaron su ayuda, siempre fueron mi soporte, mi piedra angular. Sé que ellos se sienten orgullosos de mí por este trabajo, pero soy yo quien se siente orgulloso de tener unos padres de los que ya casi no hay en el mundo, dotados de amor fecundo, amplio, claro y desmedido.

A mí novia Gema Mena Chávez que con su amor genuino y verdadero me ayudó a convertirme en la persona más feliz y por su gran apoyo en los momentos en que necesite de sus conocimientos, sacrificando su tiempo libre y comodidad.

A mis hermanas y hermano que siempre supieron comprender y entender de una manera muy madura y generosa el sacrificio que hacían nuestros padres por mí, en esta ardua carrera

A todos los profesores, que a lo largo de mi vida estudiantil me ayudaron a ser una persona madura, esforzada y aplicada y siempre me acompañaron en este largo camino con paciencia, dedicación y sobre todo con profesionalismo.

*Bladimir Gago Matus*

## *Dedicatoria*

*En Honor a todas aquellas personas que han formado una parte muy especial de mi vida, a mis amigos que con su calor humano de una manera particular, me dieron herramientas en la vida para seguir adelante en todos mis proyectos de vida, tal como el ahora presente.*

*A todas aquellas personas que se les dificulta estudiar por distintas razones y que por ende no han podido culminar una carrera universitaria, en cada uno de ellos me veo representado y me siento feliz porque hoy formo parte de los pocos jóvenes privilegiados del país, que han logrado terminar una carrera universitaria con muchos obstáculos y adversidades para llegar hasta aquí.*

*Lagrimas, sueños, hambre, desvelos y miles de problemas que al fin y al cabo fueron pruebas que la vida me dio para pulirme como ser humano y hoy les digo a todos esos jóvenes que anhelan alcanzar una profesión, que si se puede salir adelante en esta vida y que nunca abandonen las esperanzas, ni la fe porque DIOS estará siempre a su lado para ayudarlos.*

*Y en especial y con mucho cariño, dedico este trabajo que representa y plasma todo el sacrificio que han hecho por mí para que pueda cumplir uno de mis más anhelados sueños, a las dos personas que más amo en esta tierra, **Pedro Antonio Gago Ramos y María Guadalupe Matus Lovo**, mis padres, quienes en estos cinco años han sufrido conmigo todo tipo de dificultades pero juntos pudimos salir adelante, nunca me negaron su ayuda, se convirtieron en mis mejores amigos y me permitieron abrir mi propio camino.*

*Por ser unos padres ejemplares, por su incondicional apoyo y por darme la mejor herencia: el amor y la fe, este trabajo es dedicado a ustedes.*

*Bladimir Gago Matus*

## *Agradecimientos*

*"Señor que tanto me has dado, sé misericordioso y concédeme algo más: Un corazón agradecido"*

*Apóstol Pablo*

Agradezco a **Dios** por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, **Sonia Zeledón** y **Noel Picado**, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual.

A mi **Familia** que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindando su apoyo incondicional.

Al **Ing. Ernesto Cuadra Chevez**, tutor de monografía, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A los **Ingenieros Adolfo Cordero, Juan Ramón García y Osvaldo Balmaceda** por sus ayudas y respuestas brindadas a nuestras interrogantes, y a los **Docentes** que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

A la **UNAN-Managua**, la Máxima Casa de Estudios por haberme abierto las puertas de este prestigioso templo del saber, cuna de buenos profesionales.

A mis compañeros de tesis **Bladimir Gago** y **Armando Rodríguez** por el esfuerzo compartido en la elaboración de este proyecto.

*Johnny Picado Zeledón.*



## ***Dedicatoria***

### **A Dios.**

*Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

### **A mi madre Sonia Zeledón.**

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

### **A mi padre Noel Picado.**

*Por apoyarme con su espíritu perseverante y alentador, contribuyendo así a lograr mis metas y objetivos propuestos.*

### **A mi hermano Kevin Picado.**

*Por significar mucho para mí y para que veas en mí un ejemplo a seguir.*

### **A mi bisabuela Hipólita Alguera.**

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### **A mi abuela Albertina González.**

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

### **A mi Familia en general.**

*Porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

***Johnny Picado Zeledón.***

## *Agradecimientos*

*Le doy gracias primeramente a DIOS por darme salud, entendimiento, fuerza de voluntad y de superación para poder terminar mi trabajo.*

*A mi tutor ING. ERNESTO CUADRA por la dedicación que empleo en la elaboración de este trabajo monográfico y por todos sus conocimientos transmitidos como docente universitario.*

*A cada uno de los docentes que han contribuido en mi educación, les doy las gracias, por que sin ellos no hubiese logrado solidificar mis conocimientos y transformarme en un profesional.*

*A mis compañeros de trabajo monográfico JHONNY PICADO y BLADIMIR GAGO por compartir conmigo los momentos difíciles en la elaboración de este trabajo.*

*A cada uno de nuestros compañeros de clases con quienes compartimos momentos inolvidables durante los años que duro nuestra carrera.*

*A todas AQUELLAS PERSONAS que directa o indirectamente influenciaron mi vida tanto profesional como personal haciendo más llevaderos esos momentos difíciles.*

*Armando Rodríguez Briones*

## *Dedicatoria*

*A Dios todopoderoso, por proporcionarme la vida, la sabiduría y la fuerza necesaria para culminar con éxito la coronación de mi carrera profesional, por llenarme de fortaleza, por permitirme luchar y superarme, sobre todo en aquellos momentos que se me presentaron obstáculos, y que con confianza en EL pude superarlos.*

*De manera muy especial quiero dedicarle el fruto de mi trabajo a una mujer que se sacrificó día a día por mantener mis estudios y formarme como un profesional, cuyo sueño es poder verme graduado de mi carrera profesional, a esta mujer que ha sido incondicional y un apoyo para mí, hoy le doy las gracias por su loable dedicación. Gracias madre, muchas gracias ANA JACOBA BRIONES PARRAS.*

*A mi padre, Sr. MIGUEL RODRIGUEZ PEREZ por el esfuerzo y apoyo incondicional que me ha dado para forjarme como persona y como un profesional.*

*A mi esposa, Sra. JESSENIA LANZA URBINA por su comprensión, cariño, apoyo y amor incondicional, el cual me permite ser una persona feliz a su lado, triunfar en cada obstáculo de mi vida y luchar por cada una de las metas que me permiten mejorar mi vida personal y profesional.*

*A mi hija, NATHALIA RODRIGUEZ LANZA que con su nacimiento vino a iluminar mi vida y mi alma, y hacerme la persona más feliz sobre la tierra, ya que ella es lo mejor que me ha pasado en mi vida.*

*Armando Rodríguez Briones*

## **RESUMEN**

Este trabajo, ha sido titulado por los autores como: **“Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, para un periodo de diseño de 15 años”**, el cual se ha presentado como proyecto de monografía de graduación en la facultad de ciencias e ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, la (UNAN-Managua) a fin de que los autores obtengan el título de Ingenieros Civiles.

Dicho trabajo se ha elaborado mediante los conocimientos que los autores han adquirido, tanto en las aulas de clase como de sus prácticas profesionales, el presente informe se puede utilizar como un complemento para manejar con soltura los aspectos teóricos y técnicos referentes al diseño de obras horizontales con carpeta de rodamiento a base de pavimento semirrígido.

Este trabajo está estructurado en cinco capítulos:

En el capítulo I, “GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE TICUANTEPE”, se presentan las características del municipio, tales como posición geográfica, relieve, población, actividades económicas, etc.

En el capítulo II, “ESTUDIOS TECNICOS”, que a su vez comprende los estudios: Topográfico, de Suelos, de Transito, Hidrológico y de Impacto Ambiental.

En el Estudio Topográfico, se evalúan los criterios de la topografía existente de la zona en estudio, en este proyecto el levantamiento topográfico se realizó mediante una cuadrilla y su respectivo equipo topográfico facilitado por la UNAN-Managua,

siendo los autores los responsables de la recopilación de los datos, para conocer la planimetría y altimetría de la situación actual de la zona.

En el Estudio de Suelos, se presentan los datos obtenidos a través de los sondeos manuales del subsuelo que existe a lo largo del tramo en estudio, las muestras se han clasificado según los métodos HRB y SUCS, siendo el HRB el utilizado para este tipo de construcciones.

En el Estudio de Transito, comprende el estudio de tránsito vehicular por medio de tres aforos realizados en un punto específico del tramo, para determinar el transito promedio diario y el tipo de transito del tramo en estudio.

En el Estudio Hidrológico, abarca la determinación del caudal de agua que tendrán que soportar las estructuras de drenaje menor, así como, las intensidades promedio de lluvias en la zona del proyecto, las direcciones de las aguas, las pendientes de desagües, todo esto para utilizarlos posteriormente para el diseño hidráulico.

En el Estudio de Impacto Ambiental, se especifican todas aquellas normas a cumplir en el proceso de construcción del tramo de calle en estudio, así como las medidas de mitigación que se deben cumplir para aminorar los efectos que causara la ejecución del proyecto.

En el capítulo III, "DISEÑOS", contiene los diseños Geométricos, Estructural e Hidráulico.

En el Diseño Geométrico, se realiza el diseño dimensional en cuanto a ancho de calzada, curvas verticales, curvas horizontales. Este Diseño está regido según las normas NIC-2000, la ASSHTO, la SIECA, así como los criterios particulares de los autores y de la dirección de obras públicas de la alcaldía de Tehuantepec.

En el Diseño Estructural, se presentan el diseño de la estructura de pavimento de adoquín mediante el método Murillo López de Souza, el cual se ha elaborado a

partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, con el fin de lograr una vida útil para el diseño se ha propuesto emplear los mejores recursos dentro de los factores económicos razonables y de manera de que se obtenga una estructura homogénea y con el espesor que resulte mediante el diseño.

En el Diseño Hidráulico, se presenta la memoria de cálculo del diseño de cuneta para así permitir drenar libremente la escorrentía durante las precipitaciones. Para estos cálculos se ha tenido en cuenta las obras de drenaje existentes (cauces naturales aledaños al sitio) y la pendiente del tramo debido a que es necesario respetar la velocidad de las corrientes y el volumen de agua que se puede drenar en un tiempo determinado.

En el capítulo IV, “BALANCEO DE EQUIPOS”, se presentan los volúmenes de tierra a mover ya sean corte o relleno, la maquinaria y el equipo que se utilizara en la ejecución del proyecto, así como cantidad de obra a realizar.

En el capítulo V, “PLANEACION Y PRESUPUESTO”, se elabora el presupuesto de la obra y se presenta la planeación del proyecto, donde se utilizan las normas de rendimiento horario para el cálculo de las duraciones de cada actividad, en la elaboración del presupuesto se utilizó la guía de costo del FISE de Abril de 2011, además de consultar en algunas ferreterías y ventas de materiales de la capital.

Con la finalidad de que este trabajo monográfico tenga una excelente comprensión y se elimine cualquier vacío que pueda afectar al lector, se presenta una sección de anexos la cual contiene las principales tablas de diseño de obras horizontales, el resumen de resultado de cada memoria de cálculo, las fotografías del tramo en estudio y el juego de planos que regirán el proceso constructivo del proyecto.

## **INTRODUCCION**

Actualmente esta vía de acceso se encuentra sin ninguna clase de revestimiento y en mal estado, haciendo difícil el paso de vehículos y peatones, de modo que este proyecto pretende acondicionar esta vía para resistir el paso constante de vehículos tanto pesados como livianos, dotando de mayor seguridad a los peatones, conductores y contribuir de igual forma a la mejora de la imagen urbana del sector.

Con la construcción de este adoquinado se pretende mejorar la red vial del municipio y el desarrollo integral urbano, así como incentivar la comercialización de los productos e insumos y mejorar simultáneamente el nivel de vida de sus habitantes.

Se comprenderá que todo el trabajo realizado se conocerá como: "Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe para un periodo de diseño de 15 años".

A lo largo del documento, se detalla la caracterización del municipio donde se localiza el proyecto, así mismo el documento presenta todos los estudios necesarios para realizar este diseño, tales como: estudio topográfico, estudio de suelo, estudio de tránsito, estudio hidrológico, estudio de impacto ambiental.

Provistos de los resultados de los estudios de ingeniería se procede a realizar los diseños geométricos, estructural e hidráulico, también se realiza el movimiento de tierra y planeación del proyecto.

Por último se presenta una serie de planos que servirán de apoyo para la etapa de construcción del proyecto.

Mediante los conocimientos adquiridos en la universidad y con el apoyo de la dirección de planificación y desarrollo local de la alcaldía municipal de Ticuantepe se elaborara el diseño correspondiente del proyecto, así, para cumplir con los objetivos propuestos se requiere de la aplicación de los conocimientos adquiridos tanto en el aula de clase como en las prácticas de campo, lo cual permitirá realizar una correcta aplicación y adaptación de los conceptos básicos de la infraestructura vial.

Actualmente la construcción de nuevas vías de comunicación es parte fundamental para el desarrollo de nuestro país, dado que el transporte terrestre es el más utilizado por la población para realizar las actividades diarias en los diferentes sectores que aportan a la economía nacional.

En Nicaragua, la red vial está incompleta y en proceso de construcción; existen muchos lugares que requieren la ejecución de proyectos viales, para unir distintos poblados que permitan facilitar el acceso de diferentes productos agropecuarios y otros. Sin embargo algunos de ellos no se han podido realizar por razones administrativas o económicas.



## **ANTECEDENTES**

Siglos después, tras la aparición de la rueda y a medida que se desarrollaban las grandes naciones, las necesidades militares primero y las comerciales después impulsaron la construcción de los caminos. En el tercer milenio a.n.e., las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia y del Valle del Indo desarrollaron caminos, primero para el uso de sus animales de carga y más tarde para el tránsito de vehículos rodados. Algunos eran de importancia similar a las actuales carreteras, como el construido en el Valle del Nilo por los egipcios, una carretera con firme artificial de 18 metros de anchura, utilizada para el transporte de grandes bloques de piedra.

En tanto que las carreteras egipcias tenían probablemente un carácter funerario, las de Mesopotamia tenían un marcado carácter comercial. Desde el siglo VI a.C. los Persas comenzaron a unir caminos existentes para formar el "Camino Real" desde Éfeso a Susa, que contaba con más de 2.500 km. de longitud. A su turno, en China se construyó la Ruta de la Seda y se desarrolló un sistema de sendas y caminos en torno al siglo XI a.n.e. Ya en el siglo III a.n.e. en la dinastía Ch'in se construyó una amplia red de caminos por todo el país.

Desde el comienzo de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad de comunicarse por lo cual se desarrollaron diversos métodos para la construcción de caminos entre los periodos de 1,898 y 1,944 ocurrieron diversos cambios en el sistema de transporte y en los equipos para prestar servicios a dichos equipos el desarrollo del sistema vial de Nicaragua siempre ha ocupado un lugar sumamente importante en el desarrollo de su economía su mayor apogeo se dio en la década de los años 50 y 60 pasando de 590 km de carreteras(pavimentadas y no pavimentadas ) en 1950 a un total de 11,201 km en 1969, es decir que se construyeren 10,021 km en ese periodo de los cuales 906km fueron carreteras pavimentadas el municipio de Ticuantepe fue fundado en

1974 es uno de los 9 municipios de Managua tiene una población de 24,377 habitantes y una densidad poblacional de  $358.49 \text{ km}^2$  es uno de los municipios mas altos de Managua se considera que el 60% del municipio presenta una topografía accidentada el municipio se divide en un barrio y cinco repartos urbanos los cuales están ubicados en la cabecera municipal y a nivel rural se divide en diecisiete comunidades rurales una de ellas es la comunidad pablo calero la cual es parte de la población rural ubicada al noroeste del municipio en una área accidentada la cual son usadas en su mayoría para cultivo de piña, café, plátanos, granos básicos, hortalizas entre otras como es el caso de esta comunidad .

Los asentamientos humanos se ven afectados debido a la limitación de una buen red vial en buen estado y de fácil accesibilidad con problemas de deslaves , peligros de inundaciones y de enfermedades respiratorias los habitantes se encuentran en extrema pobreza los infantes han padecido de infecciones y esto contribuye a que el número de niños dejen de asistir al colegio aumentando el analfabetismo de los habitantes in situ la comunidad pablo calero cuenta con una vía de acceso hacia el municipio de Ticuantepe el cual es un camino de tierra que en el verano ocasiona enfermedades respiratorias y en el invierno se vuelve intransitable por las grandes charcas que se forman a lo largo de él, imposibilitando el acceso por las comunidades que lo atraviesan como es la comunidad benjamín Zeledón hasta llegar a pablo calero se pretende que con la formulación del para la pavimentación de este tramo vial se pretende que cumpla con las normas establecidas y se pueda disminuir por completo las infecciones contaminaciones , problemas de deslaves inundaciones y difícil accesibilidad y así disminuir la tasa de mortalidad.

## **JUSTIFICACION**

Después de haber realizado una visita a la comunidad Pablo Calero se determinó que es sumamente necesaria que su vía de acceso sea integrada a la red vial existente dado que la misma no se encuentra revestida, por lo que en la época de invierno resulta casi intransitable por la formación de fangos de lodos por las condiciones del terreno.

La falta de una buena vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero, se debe a la inexistencias de un camino en óptimas condiciones que permita terminar con la problemática de comunicación que tienen que enfrentar constantemente tanto en el invierno como en verano los habitantes de dicho lugar y el resto de comunidades que atraviesa el camino.

Los habitantes en si manifiestan lo peligroso que es el camino dada su topografía y aún más peligroso en invierno debido a la gran cantidad de agua que atraviesa por él, formando un gran caudal incomunicando a las personas que habitan en estas comunidades.

El flujo vehicular de esta vía de acceso se debe en su mayoría al tráfico de vehículos comerciales los cuales utilizan la vía para cargar y descargar los productos comerciales

Con la formulación del estudio técnico para la pavimentación de este tramo vial como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero las personas que viven en ella y también las que habitan por donde cruza el camino serán beneficiadas ya que al pavimentar esta vía se prevendrán accidentes, problemas de salud y se desarrollará de gran manera la economía de las comunidades, debido a que una de sus principales actividades es la agricultura y mejorando el transporte se aumentará la producción y el comercio de ella misma, la cual contribuirá al desarrollo económico de estos sectores rurales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

1. Realizar los estudios de ingeniería.
2. Efectuar los diseños geométrico, hidráulico y de estructura de pavimento.
3. Llevar a cabo la planeación y presupuesto.
4. Elaborar planos y documentos técnicos para la ejecución.

# **CAPITULO I: GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE TICUANTEPE**

## **GENERALIDADES DE MUNICIPIO DE TICUANTEPE**

### **1.1 FICHA MUNICIPAL DE TICUANTEPE- MANAGUA**

La presente ficha municipal nos servirá para tener una mejor conocimiento general acerca del municipio de Ticuantepe ya que presenta un sin número de características de las cuales son de mucha importancia social.

Nombre del Municipio	Ticuantepe
Nombre del Departamento	Managua
Fecha de Fundación	Julio de 1974.
Posición Geográfica	TICUANTEPE está ubicado entre las coordenadas 12° 01' de latitud norte y 86° 12' longitud oeste.
Referencia Geográfica	La cabecera municipal está ubicada a 18 km. De Managua, capital de la República.
Límites	Al Norte Municipio de Managua. Al Sur Municipio de la Concepción (Dpto. de Masaya). Al Este Municipio de Nindirí (Dpto. de Masaya). Al Oeste : Sierras de Managua
Extensión Territorial	La extensión territorial es de 60.79 km. <sup>2</sup>

Clima y Precipitación	Es uno de los lugares más altos del departamento, lo que lo hace tener un clima agradable, ya que sus temperaturas medias oscilan entre los 22° y 28° C.
Densidad Poblacional	358.49 hab. / km².
Características Orográficas del Relieve	El panorama se conforma de áreas boscosas en el sudoeste del municipio y pequeñas lomas, las que predominan en toda el área. El relieve va de plano a suavemente ondulado, predominando de norte a sur.
Características Hidrográficas	En el municipio se localizan las últimas estribaciones de las Sierras de Managua, sitio en el que se encuentra el Río de los Chocoyos, al que se ha designado como de reserva natural.
Población	<p>Población: <b>27,008</b> habitantes</p> <p><b>Población Urbana: 8,198</b> habitantes <b>(11.06%)</b></p> <p><b>Población Rural: 18,810</b> habitantes <b>(88.9%)</b></p>
Altitud sobre el nivel del mar	Las cotas van desde los 300 msnm en la parte central y norte hasta los 600 msnm en todo el oeste.

**Cuadro I.1: Ficha municipal de Ticuantepe.**

**Fuente: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal INIFOM 2009-2010.**

## **1.2 RESEÑA HISTORICA.**

TICUANTEPE se deriva del Náhuatl que significa; TICUNE- tigre o fieras, TEPEH - cerro, "Cerro de Fieras".

Según historias que cuentan los habitantes del municipio, los primeros pobladores fueron indígenas pertenecientes a las tribus de los Niquiranos que se establecieron en el Valle de TICUANTEPE, por las ventajas que éste ofrecía en la agricultura, la caza y el abastecimiento de agua.

Se cree que se establecieron en las áreas rurales del municipio; en las comunidades conocidas hoy día como: La Borgoña, La Francia, San José de los Ríos y otras, debido a que en estas comunidades se han encontrado vasijas de barro e instrumentos utilizados en esa época.

Recientemente, se conoce que TICUANTEPE se inicia como caserío en el año 1890, se cree que su formación se debió a un desplazamiento de la población de Nindirí, Cofradía, Veracruz y otras poblaciones aledañas al Volcán Santiago, afectadas por la lava del mismo volcán. Entre las primeras familias que se establecieron en el municipio se mencionan: Los Murillo, Ruíz, Flores, Martínez, Ortiz, Gutiérrez, Saballos, Ramírez, entre otros.

También se menciona que en el mismo año, 1890, se construyó una presa de agua potable que dio origen a un caserío de unas 12 viviendas, llamadas en ese entonces "Las Pajas", posiblemente las familias mencionadas habitaron este caserío.



Estas viviendas se fueron expandiendo en el territorio, llegando otras a establecerse y que provenían de otros sitios. Este grupo de familias fueron creando sus propios servicios comunitarios, mejorándolos cuantitativa y cualitativamente al paso de los años.

El municipio de TICUANTEPE hasta 1974 era una comarca del municipio de Nindirí, fue elevado al rango de municipio del Departamento de Masaya el 4 de Julio de 1974, por decreto ley publicada en La Gaceta, Diario Oficial.

En 1984 a partir de la regionalización, TICUANTEPE pasa a formar parte política y administrativamente de la Región III. En Octubre de 1989 y Abril de 1990, según la Ley de División Política Administrativa publicada en esas fechas, el municipio de TICUANTEPE, pasa a pertenecer al Departamento de Managua.

### **1.3 HABITAT HUMANO: DIAGNOSTICO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS.**

#### **1.3.1 Vivienda**

El municipio de TICUANTEPE está conformado por un total de 4,050 viviendas de todo tipo, con un índice promedio de 6 personas por vivienda, las que están distribuidas de la siguiente manera:

URBANO	RURAL	TOTAL
1,539 (38%)	2,511 (22%)	4,050 (100%)

**Cuadro I.2: Distribución de viviendas en municipio de Ticuantepe**

**Fuente: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal INIFOM 2009-2010.**

Predominan dos tipos de viviendas, la tradicional y la popular; la popular es más común en las áreas urbanas, la vivienda de tipo tradicional se observa en zonas rurales.

### **1.3.2 Educación**

El municipio de TICUANTEPE cuenta con 21 centros educativos:

5 Pre-escolares

13 Centros de primaria

2 Escuelas de secundaria

1 Centro Técnico.

El número de alumnos en el municipio asciende a 3,896, atendidos por un total de 171 maestros, en 80 aulas escolares.

El 88.3% de la población mayor de 15 años de TICUANTEPE, tiene un nivel de escolaridad alto, desde primaria incompleta hasta secundaria completa, reflejándose en mayor porcentaje en el área rural con el 53.4% y un 34.9% en el área urbana. El 11.7% es analfabeta con mayor incidencia en el área rural.

### **1.3.3 Recreación**

El municipio de Esquipulas cuenta con un estadio municipal que se encuentra en buen estado, una cancha de recreación, un centro recreativo, también cuenta con un parque ubicado en la zona urbana, posee un área de 7,056 m<sup>2</sup> y cuenta con juegos infantiles, un quiosco, bancas de descanso, arborización, agua potable. La alcaldía le da mantenimiento reparando sus canchas, pintura, luminarias y la fuente.

#### **1.3.4 Salud**

Actualmente el municipio de TICUANTEPE cuenta con:

1 Hospital que se construyó con financiamiento Mexicano

1 puesto de salud

1 centro de salud, dotado de un equipo conformado por: 7 médicos, 1 odontólogo, 6 enfermeras, 11 Paramédicos y 7 técnicos higiénicos.

Las principales causas de consulta en el municipio son: enfermedades diarreicas, respiratorias, de la piel, parasitosis y control de embarazo. A nivel de indicadores se establece que existen 0.3 unidades de salud por cada 3,000 habitantes.

#### **1.3.5 Vías de Acceso**

El municipio de TICUANTEPE cuenta con 3 vías de acceso al área urbana:

La carretera Managua - TICUANTEPE, que representa el acceso principal, cuenta con 4 km. de adoquinado que inician en la comunidad Humberto Ruiz, atraviesa las comunidades Eduardo Contreras, Comunidad Sandino y Medardo Andino.

Otra vía de acceso al municipio es la carretera TICUANTEPE - La Concepción, constituida por 18 km. de asfalto, que permite mejorar las condiciones de las vías de acceso a las comunidades La Borgoña, La Francia y Reparto Juan Ramón Padilla.

TICUANTEPE cuenta también con el camino de acceso del km. 19 Carretera a Masaya, atraviesa la comunidad Manuel Lández y concluye en el Bo. Medardo Andino, se considera una vía de acceso secundaria. Es un camino de tierra que en el verano ocasiona enfermedades respiratorias y en invierno se vuelve intransitable, por las grandes charcas que se forman en los 3 kilómetros., de camino que existen.

Las calles del municipio están constituidas por calles adoquinadas, rampas y calles de tierra. En el casco urbano existen cunetas en las calles y vías internas del Repto. Juan Ramón Padilla y Medardo Andino.

### **1.3.6 Problemas del sector**

Mala condición de los caminos de acceso en las áreas rurales, a través de las cuales se transita para la comercialización de la producción agrícola.

Estado físico malo de algunas calles en el casco urbano.

### **1.3.7 Transporte**

En TICUANTEPE existen medios de transporte públicos y privados; entre buses, carros particulares, camionetas de acarreo, camiones de carga pesada, entre otros.

La línea de buses que cubre la ruta Managua - TICUANTEPE funciona de manera organizada a través de la única cooperativa de buses llamada "TICONSAN".

Esta cooperativa mantiene una flota vehicular de aproximadamente 49 unidades, las que operan en el municipio y en otras comunidades fuera de la jurisdicción entre las que se encuentran: Los Altos de Santo Domingo, Esquipulas, Veracruz, San Antonio Sur, Masaya, Sabana Grande, Jocote Dulce y Los Vanegas.

La periodicidad del servicio que brinda es de cada 15 minutos, aumentando la frecuencia conforme la demanda lo establece.

El recorrido que realiza este transporte es solamente en la vía principal de acceso al municipio, la que atraviesa los barrios Medardo Andino, Repto. Juan Ramón Padilla, Comunidad Sandino, Eduardo Contreras, La Borgoña y Humberto Ruiz.

La población rural ubicada al noroeste del municipio, utiliza el transporte colectivo de la ruta Concepción- Managua y TICUANTEPE-Masaya.

### **1.3.8 Energía Eléctrica**

TICUANTEPE cuenta con el servicio público de energía domiciliar, cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL). Se tiene un registro de 2,898 viviendas que poseen medidores individuales, lo que representa el 83% de cobertura, aproximadamente 600 viviendas del sector rural no poseen medidor individual.

Existen 5 comunidades rurales que no cuentan con tendido eléctrico: Pablo Calero, Los Ríos, El Edén, La Francia y San José. En otras comunidades existen conexiones de forma parcial, a través de medidores individuales y colectivos y en menor porcentaje las conexiones ilegales que surgen en los asentamientos espontáneos más recientes.

El sistema de alumbrado público, cubre el casco urbano de TICUANTEPE y Repto. Juan Ramón Padilla

### **1.3.9 Telecomunicaciones**

En el municipio existe una oficina de Correos cuya administración está a cargo de la Empresa Correos de Nicaragua, ubicada en el casco urbano, en el Barrio Medardo Andino.

Donde se brinda servicio a la población de Apartado, Correspondencia, Llamadas telefónicas y Servicio de Fax.

### **1.3.10 Agua Potable y Saneamiento**

TICUANTEPE cuenta con la presencia de una delegación de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

El 76.3% de las viviendas poseen medidor individual, que equivale a 2,386 conexiones domiciliarias, correspondiendo al área urbana un 39% del total de conexiones y 37.2% en el área rural.

De la población rural, 337 viviendas no poseen conexión domiciliar de agua potable, se abastecen de una fuente natural conocida como El río de los Chocoyos.

El abastecimiento se proporciona a través de una bomba que impulsa el vital líquido a las comunidades de: Los Ríos, El Edén, La Francia, San José y un sector de La Borgoña.

Otro porcentaje de viviendas rurales se abastecen a través de pipas de agua y puestos de agua.

En TICUANTEPE existen 8 pozos artesianos activos; 2 pozos se localizan dentro del municipio (Reparto Juan Ramón Padilla) y los 6 restantes se localizan dentro de la jurisdicción de Veracruz, poblado cercano a TICUANTEPE.

En TICUANTEPE no existe sistema de alcantarillado sanitario, el medio más usado para la disposición de las excretas es la letrina. De un total de 3,479 viviendas, el 70.6% utiliza este medio, un 23.8% utiliza sumideros y el 5.6% restante realizan la disposición de excretas al aire libre, detectándose principalmente en las comunidades rurales de: El Edén, Los Ríos, San José, La Francia y un sector de La Borgoña.

### **1.3.11 Economía Municipal**

La Población Económicamente Activa del municipio es aproximadamente de 9,507 personas, es decir el 39% del total de la población del municipio.

Las principales actividades económicas en que se distribuye la PEA son: la agricultura (58.6%), la artesanía (0.8%), industria (12.6%), servicios (16.7%), comercio (10.7%) y ganadería (0.6%).

La principal actividad económica del municipio es la agrícola, principalmente en el área rural, su producción abastece primeramente las ciudades de Managua y Masaya.

Estadísticas del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA y el Centro de Acción y Apoyo al Desarrollo Rural CENADE, TICUANTEPE cuenta con un aproximado de 7,314 manzanas sembradas siendo los principales rubros de producción la piña, granos básicos, plátano, café y pitahaya.

## **1.4 MEDIO FISICO NATURAL**

### **1.4.1 USO POTENCIAL DEL SUELO**

**Tipo de suelo: textura, estructura, uso potencial uso actual y en confrontación.**

(Se han identificado 5 grupos potenciales para el uso del suelo):

**Agrícola:** que corresponde al 14.3% del área total del municipio y son suelos de textura franca, de pendientes que oscilan entre 0.15% y sin limitaciones para la siembra de cultivos anuales.

**Agroforestal:** El 21.6% de la superficie es apta tanto para la explotación de cultivos anuales, árboles (20.8%) y perennes boscosos (0.8%). Estos suelos se caracterizan por presentar pendientes planas a casi planas (0-15%) y de onduladas a fuertemente onduladas (30%-50%), con texturas francas pero con fuertes limitaciones por la erosión eólica e hídrica.

**Forestal:** Se estima que el 24.9% son suelos que potencialmente pueden ser dirigidos a la explotación forestal.

**Áreas protegidas:** Para las cuales existe un manejo especial. Aproximadamente el 17.5% son áreas comprendidas en este grupo y están protegidas por decretos y leyes de la institución estatal que corresponde.

En términos generales se puede decir que el municipio se caracteriza por ser una zona altamente productiva con un alto potencial para el ecoturismo. Cuenta con un área agrícola de aproximadamente 5,424 manzanas, siendo el cultivo de piña el más predominante, seguido de otros cultivos como musáceos, pitahaya, café, maíz, frijol, y hortalizas en orden de importancia. El 58,6% de la Población económicamente activa la constituyen los agricultores.

Respecto al cultivo de la piña, estimaciones realizadas por el organismo Centro de Acción y Apoyo al Desarrollo Rural (CENADE) en el año 1999 arrojaron que por lo menos 47% del área de uso agrícola de la unidad de producción está sembrada con piña.

#### **1.4.2 Topografía:** porcentaje de pendiente, áreas.

Se considera que el 60% del territorio presenta una topografía accidentada, además existen fuentes de aguas naturales, de las que se abastecen del vital líquido un 8% de la población rural.

Las áreas accidentadas en su mayoría son utilizadas para cultivos de piña, café, plátanos, granos básicos, hortalizas, entre otros.



### **1.4.3 Clima de la zona**

Clima/Zonas Climáticas: Trópico Seco, Húmedo, y Sub Húmedo, precipitación - isoyetas, periodo canicular distribución y Temperatura: máxima mínima promedio, Humedad relativa.

Es uno de los lugares más altos del departamento, lo que lo hace tener un clima agradable, ya que sus temperaturas medias oscilan entre los 22° y 28° C, se observan dos estaciones bien diferenciadas, la lluviosa que inicia entre los meses de Mayo y Junio con interrupciones en el mes de Agosto y finaliza entre los meses de Octubre y Noviembre.

El panorama se conforma de áreas boscosas en el sudoeste del municipio y pequeñas lomas, las que predominan en toda el área. El relieve va de plano a suavemente ondulado, predominando de norte a sur. Las cotas van desde los 300 msnm en la parte central y norte hasta los 600 msnm en todo el oeste, encontrándose aquí los puntos más altos del municipio (Sector de las Cuchillas).

En el municipio se localizan las últimas estribaciones de las Sierras de Managua, sitio en el que se encuentra el Río de los Chocoyos, al que se ha designado como de reserva natural.

Existe actualmente un ecosistema de gran importancia Nacional donde existen miles de especies tanto de flora como de fauna por lo cual fue asignada como área natural protegida la cual se conoce como El Chocoyero.

El relieve es variado y se conforma de áreas boscosas en el sudoeste del Municipio y pequeñas lomas, las que predominan en toda el área. El relieve va de todo el plano a suavemente ondulado, predominado de norte a sur. Las cotas van desde los 300 msnm en la parte central y norte hasta los 600 msnm en todo el oeste, encontrándose aquí las partes más altas del Municipio (Las cuchillas).

En las partes altas del municipio las actividades agrícolas son desfavorables, degradando la calidad del suelo, esta zona es de uso forestal y siembra de café.

La zona media es favorable para la siembra de la piña, pues los gases del volcán afectan esta zona, siendo la piña resistente a dicha situación. Muchas actividades se confrontan con el potencial hídrico y calidad de las aguas subterráneas, siendo actividades potencialmente contaminantes.

El mismo relieve y geomorfología define tres zonas.

- 1- La parte alta: de vocación forestal y cafetalera, con la presencia de zonas de protección y reserva natural. Los asentamientos humanos se ven afectados por falta de infraestructura básica, equipamientos, red vial en buen estado y de fácil accesibilidad, problemas de deslaves y de enfermedades respiratorias.
- 2- La parte media: donde se está haciendo uso extensivo del suelo, con vocación para actividades agrícolas, como la piña y granos básicos. Los asentamientos humanos se ven afectados por la falta de infraestructura básica, y de equipamiento, con peligros de inundaciones y deslaves en algunos sectores.

La parte baja. Donde se da mayor parte de la concentración de la población, con infraestructura básica, equipamiento, y algunas áreas de uso agrícola.

**1.4.4 Recursos hídricos:** cuencas hidrográficas, hidrológica superficial, hidrológica subterránea, hidrogeología.

La Sub-Cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua alcanza un territorio de 176.44 Km<sup>2</sup> y se extiende desde las costas del Lago de Managua en la Comunidad El Rodeo (40 msnm) hacia el suroeste, hasta las Sierras de Managua y la Meseta de El Crucero (940 msnm). Administrativamente tiene relación con cinco municipios, siendo estos **Managua** (Distritos V y VI), **Ticuantepe**, **La**

**Concepción, El Crucero y Nindirí.** En los últimos años la parte media y baja de la Sub-Cuenca III, ha cobrado importancia como zona residencial, especialmente por el desarrollo vial de la carretera a Masaya y sus alrededores; el crecimiento de urbanizaciones y los cambios en el uso de la tierra implica un aumento de la escorrentía superficial, mayor erosión y más demanda de infraestructura en la red de drenaje y servicios básicos. En la parte alta, la actividad agrícola ha contribuido a la deforestación, acelerada especialmente en zonas con pendientes de fuertes a moderadas.

La Sub-cuenca III es el área de recarga más importante del acuífero que suministra agua potable a Managua, en ella se encuentran tres campos de pozos que producen el 60% del suministro de agua a la ciudad. La Sub-cuenca III es también un área invaluable en lo que corresponde a biodiversidad y calidad de suelos para producción, sin embargo es una zona altamente vulnerable debido al crecimiento desordenado de la ciudad y al inadecuado manejo de las actividades agrícolas y de los desechos sólidos, de las aguas negras y pluviales, provocando estragos ambientales y socioeconómicos.

La Asociación de Municipios de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua **AMUSCLAM**, está integrada por las Alcaldías de El Crucero, La Concepción, Nindirí, Ticuantepe y Managua, fue creada para impulsar un Programa de Gestión y Desarrollo Sostenible, que pretende contribuir al fortalecimiento de las capacidades de gestión ambiental y del ordenamiento territorial de las cinco municipalidades situadas dentro de esta Sub-cuenca.

En cuanto al funcionamiento de AMUSCLAM, sus Estatutos establecen una estructura sencilla, Junta Directiva / Órgano Político (Alcaldes y/o sus delegados políticos), Dirección Ejecutiva / Órgano Ejecutivo (seleccionado por la Junta Directiva) y Secretaría Técnica/ Órgano Técnico (Cada responsable de la Gestión Ambiental en las Alcaldías de AMUSCLAM), que permita el funcionamiento operativo y fortalezca la institucionalidad municipal al menor costo posible

Actualmente el recurso Hídrico no ha representado para Ticuantepe un eje de desarrollo económico, aun cuando se explota para abastecer del vital líquido a la ciudad de Managua. Este recurso es de gran importancia y relevancia para los asentamientos humanos pues aunque no todos hacen uso de este recurso, existe y puede ser explotado. Para la Flora y la Fauna determina la permanencia de las especies existentes. Una desventaja desde la perspectiva del productor será las limitantes en el uso de plaguicidas y agroquímicos, así como del uso extensivo de la tierra para sus actividades agrícolas, principalmente para la piña.

Existe únicamente un río en la parte de la reserva natural del Chocoyero, y algunos riachuelos en el sector de los Ríos, por lo general provenientes de venas subterráneas que se hacen superficiales en ciertas partes de las montañas y rocas. El río existente en esta reserva abastece de agua a una parte de la comunidad llamada Los Ríos, la cual la utilizan para el consumo humano.

## **CAPITULO II: ESTUDIOS DE INGENIERIA**

## **2.1 ESTUDIO TOPOGRAFICO**

*El estudio topográfico* consiste en determinar, a través de instrumentos especiales, los puntos más sobresalientes de un terreno o sitio los cuales permitirán obtener una representación gráfica que proporcione las características del relieve mediante un mapa topográfico.

El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos localizados en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones, y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas.

El levantamiento topográfico es muy utilizado en el campo de la ingeniería civil ya que por medio de estos se pueden suministrar los datos necesarios para diseñar puentes, carreteras, vías férreas, terracería, etc.

### **2.1.1 Equipo topográfico.**

El **Teodolito** es un aparato universal utilizado en los levantamientos topográficos. Puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales, verticales, diferencias de elevaciones, etc.

La **Plomada**: Es una pera metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, sirve para marcar la proyección de un punto a cierta altura sobre el suelo.

La **Cinta**: Se utiliza en la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, son de longitud variable.

El **Nivel:** Los niveles son instrumentos constituidos básicamente por un telescopio y un nivel de burbuja, dispuestos en forma tal que la visual (o línea de colimación definido por la intercepción de los hilos de la retícula) puede fijarse horizontalmente.

La **Estadia:** Es una regla graduada de sección rectangular, es utilizada para hacer nivelaciones con auxilio del nivel. Es una regla dividida en metros y fracciones de metro generalmente de colores vivos; blanco, negro y rojo para que resalten y puedan leerse con precisión a la mayor distancia posible.

### **2.1.2 Desarrollo de un levantamiento topográfico.**

En los trazos para construcción, el topógrafo proporciona todas las marcas de referencia necesarias para que cada parte de la nueva obra se ubique correctamente dentro del terreno en que se construye.

El topógrafo prepara los planos del sitio de construcción en el cual muestra las relaciones entre el terreno y la obra que será creada, se encarga de marcar sus posiciones horizontales y elevaciones.

El trabajo del topógrafo debe hacerse a un ritmo tal que proporcione las marcas necesarias justo antes del momento en que las va a requerir el constructor en las operaciones de cada día. El topógrafo no debe adelantarse demasiado, ya que las marcas podrían destruirse por la misma construcción. A este proceso topográfico se denomina topografía de la construcción.

Antes de iniciar el diseño de una construcción se debe proporcionar a los ingenieros o arquitectos toda clase de información topográfica relativa al sitio donde se va a efectuar la obra.

- 1.- En primer lugar, se requiere definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logra levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera.
- 2.- Se debe describir el relieve del terreno, para su configuración se efectúa una nivelación, generalmente en los puntos más relevantes y a ambos lados del eje central.
- 3.- Se debe brindar la localización topográfica o detalles de interés tales como:
  - Tendido eléctrico.
  - Tendido telefónico.
  - Drenaje de aguas servidas y pluviales
  - Red de agua potable.
  - Pozos de visita o manjoles y tragantes de aguas pluviales existentes.
  - Localización de derecho de vía.
  - Mojones, BM.
  - Árboles de gran tamaño, arroyos o cauces.
  - Vías de acceso
  - Construcciones existentes.
- 4.- La manera que se acostumbra para presentar los datos topográficos es plasmándolos en un plano denominado de conjunto y dibujado a la escala solicitada, para esto se utilizan hojas de dimensiones estandarizadas.

### **2.1.3 PLANIMETRÍA**

Uno de los métodos más empleados en los levantamientos topográficos y quizás uno de los más precisos, es el levantamiento con cinta y teodolito (método utilizado en este estudio), estos se aplican en general a la mayor parte de los levantamientos de precisión ordinaria, excluyendo la nivelación.



### **2.1.3.1 Levantamiento topográfico con teodolito y cinta**

En las poligonales abiertas lo primero que el topógrafo debe definir es el sentido del itinerario, el cual puede ser positivo (en sentido de las manecillas de reloj) o negativo (anti horario). Una vez definido el itinerario, se procede a hacer una descripción general del trabajo para trazar la poligonal, se debe elegir las estaciones de forma ventajosa para poder avanzar en el levantamiento.

En este tipo de poligonales no se obtiene ningún cierre, no se puede determinar el error angular acumulativo, excepto por observaciones astronómicas o empezando y cerrando en líneas establecidas con anterioridad, cuyas direcciones y posiciones se conocen.

### **2.1.3.2 Levantamiento de detalles**

En casi todos los levantamientos con teodolito se localizan ciertos detalles o accidentes de tipo naturales o artificiales del terreno con respecto a los vértices de las poligonales. La cantidad de detalles puede ser pequeña (levantamiento de linderos) o grandes (levantamientos taquimétricos).

### **2.1.3.3 Métodos utilizados en el levantamiento de detalles**

- 1.- Por ángulo y distancia de una estación del polígono.
- 2.- Por medio de los ángulos desde dos estaciones del polígono.
- 3.- Tomando medidas lineales desde dos estaciones.
- 4.- Por el ángulo de una estación y la distancia de otra.
- 5.- Por ordenadas perpendiculares levantadas de los lados del polígono establecido.

#### **2.1.3.4 Procedimiento de campo para el levantamiento topográfico.**

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico fue facilitado por la Coordinación de la carrera de ingeniería civil de la UNAN-Managua, bajo la autorización del ingeniero Ernesto Cuadra Chevez, siendo los autores de este documento los que realizaron el levantamiento topográfico.

##### Procedimiento de campo:

- ✎ Levantamiento de la poligonal (Alineamiento horizontal): La poligonal del proyecto se considera abierta, cuenta con puntos iniciales y finales fijados con anterioridad. Se tomó en consideración los puntos de control ubicados a lo largo de la alineación de la calle y en puntos en los que se obtuviese suficiente visibilidad para evitar el uso de líneas auxiliares.
- ✎ Nivelación del eje central (Alineamiento vertical): Se establecieron puntos de elevaciones (BM<sup>1</sup>), partiendo de puntos existentes.

##### Medición con teodolito:

Se llevó a cabo para medir la distancia de los estacionamientos ubicados a cada 20m. Para realizar el levantamiento de secciones transversales se consideraron los siguientes pasos:

- 1.- Se eligió un BM (base de concreto del poste de luz) y se le asignó una cota de 100m.
- 2.- Se instaló el instrumento en la primera posición (PI-1) observando al BM-1 y otros puntos de referencia.
- 3.- Se efectuó la lectura del hilo central al BM-1 (LE<sup>2</sup>) y del ángulo horizontal registrando ordenadamente cada lectura.

---

<sup>1</sup> BM: Banco Maestro (Bench Mark).

<sup>2</sup> Lectura de espalda.

- 4.- Se tomó lectura de los puntos de cada estacionamiento y en detalle los de las secciones transversales. Este procedimiento se repitió de forma cíclica hasta llegar a la última estación requerida.

#### **2.1.4 ALTIMETRÍA**

##### **2.1.4.1 Tipos de nivelación.**

La nivelación compuesta.

Es la nivelación más corriente y de más frecuente uso en la práctica diaria y no es más que una sucesión de varias nivelaciones simples.

En la nivelación compuesta el aparato no permanece en un mismo sitio sino que va trasladándose a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples que van ligándose entre sí por los llamados Puntos de Cambio (PC) o Puntos de Liga (PL). Es de vital importancia la escogencia del PC, ya que de esto depende en gran parte la precisión del trabajo. Este debe ser estable y de fácil identificación, por lo general se utilizan pines o planchas metálicas para esto.

Se define como Punto de Cambio o de Liga (PC o PL), al punto donde se ejecutan las lecturas de frente y de espalda para calcular la nueva altura del instrumento y la vez el enlace entre dos nivelaciones simples.

Una Lectura de Espalda (LE), es una lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto de elevación conocida, como por ejemplo la lectura del BM que se toma como referencia para nivelar los puntos restantes.

Una Lectura de Frente (LF), es la lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto cuya elevación se desea conocer o bien un punto de cambio.

### Precisión en la Nivelación Compuesta

Esta precisión depende probablemente de más factores que ningún otro trabajo topográfico y aunque influye mucho el instrumento empleado, es decisivo el grado de exactitud con que opera y la experiencia del observador, las condiciones atmosféricas también ejercen gran influencia sobre la precisión deseada. Las prácticas nos dicen que en circunstancias normales con un nivel bien corregido, el máximo de precisión se puede mantener dentro de los siguientes límites:

- 1.- *Nivelación Aproximada*
- 2.- *Nivelación Ordinaria*
- 3.- *Nivelación de Precisión*
- 4.- *Nivelación de Alta Precisión*

Los *levantamientos viales*, son de carácter **ordinario**, se consideran levantamientos planos y se ejecutan como tal. La nivelación ordinaria se requiere en construcción de carreteras, vías férreas u otras construcciones civiles. Con visuales hasta de 190m y permite un error máximo permisible de  $0.02\sqrt{k}$ , donde  $k$  es la distancia total del recorrido de la nivelación expresada en KM.

Levantamiento de secciones transversales (Alineamiento vertical): Se levantan secciones transversales cada 20m, con una longitud recomendable que incluye el derecho de vía como mínimo.

**2.1.4.2 Para elaborar el levantamiento del perfil longitudinal y secciones transversales se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.**

- 1.- Se definió la línea central de la obra a levantar con ayuda del teodolito.
- 2.- Se eligió un BM, se refirió a la línea y se le asignó cota.
- 3.- Se estacionó la línea cada 20m.
- 4.- Se plantó el nivel en un punto adecuado de tal forma que permitiera observar el mayor número de estaciones desde el mismo sitio.
- 5.- Se ubicó la estadia en el BM y se efectuó la lectura de espalda.
- 6.- Se definió las secciones transversales perpendiculares a la línea central en cada estación y en las intersecciones espaciándolas según fuera conveniente.
- 7.- Se anotó lectura de hc en el centro de las secciones a la izquierda y derecha del eje y se registraron debidamente.
- 8.- Se efectuaron puntos de cambio cuando no se podía observar más lecturas en la estadia.
- 9.- Se realizó el trabajo de gabinete correspondiente.

A continuación se presenta la tabla de resumen de datos y resultados del levantamiento planimétrico y altimétrico.

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
	BM-1					101.223						
1	0+ 000	1.679 99.544	2.65	0.914 153.36	2.65	1.563	1.487 99.736	2.56	1.458 99.765	2.74		32º 57' 26"
2	0 + 020	1.294 99.929	2.70	0.835 154.24	2.60		1.125 100.098	2.64	0.971 100.252	2.66		171º 22' 20"
3	0 + 040	1.679 99.544	2.75	1.519 99.704	2.60	1.46	1.487 99.736	2.69	1.458 99.765	2.61		-----
4	0 + 060	1.679 99.781	2.75	1.519 99.941	2.55	1.54	1.487 99.973	2.54	1.458 100.002	2.76		172º 14' 08"
5	0 + 080	1.055 100.722	2.59	0.974 100.803	2.71	1.52	1.487 99.973	2.68	0.288 101.489	2.62		162º 53' 20
6	0 + 100	0.505 101.87	2.58	0.784 101.591	2.73	1.15	0.782 101.593	2.66	0.889 101.486	2.64		169º 59' 20
7	0 + 120	1.056 101.7	2.66	1.043 101.713	2.64		1 101.756	2.56	1.005 101.751	2.74		150º 40' 02"
8	0 + 140	0.429 102.327	2.68	0.589 102.167	2.62	1.35	0.639 102.117	2.58	0.278 102.478	2.72		-----
9	0 + 160	1.026 102.398	2.73	0.934 102.49	2.58	1.58	0.022 103.402	2.60	1.111 102.313	2.75		150º 07' 02
10	0 + 180	0.589 103.471	2.59	0.75 103.31	2.71		0.84 103.22	2.55	0.23 103.83	2.75		150º 52' 28"
11	0 + 200	0.155 103.905	2.70	0.426 103.634	2.60	1.62	0.428 103.632	2.71	0.055 104.005	2.59		-----
12	0 + 220	0.792 104.453	2.64	1.155 104.09	2.66		1.266 103.979	2.73	0.643 104.602	2.58		153º 45' 17"
13	0 + 240	0.639 104.606	2.74	0.899 104.346	2.56	1.54	1.025 104.22	2.71	0.378 104.867	2.59		158º 16' 20"

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
14	0 + 260	0.796 104.911	2.72	0.935 104.772	2.58	1.6	0.757 104.95	2.75	0.146 105.561	2.60		154° 35' 27"
15	0 + 280	0.101 106.283	2.58	0.165 106.219	2.73	1.54	0.123 106.261	2.75	0 106.384	2.55		-----
16	0 + 300	0.784 106.942	2.66	0.979 106.747	2.64	1.54	0.923 106.803	2.59	0.681 107.045	2.71		147° 25' 58"
17	0 + 320	0.752- 107.534	2.68	0.757 107.529	2.62		1.091 107.195	2.58	0.593 107.693	2.73		134° 39' 52"
18	<b>EST.PI</b> 0 + 340	0.508 107.778	2.73	0.506 107.78	2.58		0.393 107.893	2.66	0.015 108.271	2.64	15° 38' 31"	-----
19	0 + 360	0.937 107.349	2.59	1.035 107.251	2.71	1.58	1.065 107.221	2.68	0.265 108.021	2.62		150° 18' 23"
20	0 + 380	0.765 108.032	2.70	0.851 107.946	2.60	1.57	1.053 107.744	2.73	0.35 108.447	2.58		160° 49' 19"
21	0 + 400	0.869 108.417	2.64	0.912 108.374	2.66	1.61	1.064 108.222	2.59	0.608 108.678	2.71		158° 38' 15"
22	0 + 420	0.926 108.885	2.74	0.869 108.942	2.56	1.62	0.945 108.866	2.70	0.579 109.232	2.60		151° 33' 52"
23	0 + 440	0.905 109.503	2.58	0.781 109.627	2.73	1.63	0.819 109.589	2.64	0.538 109.87	2.66		146° 03' 34"
24	0 + 460	0.545 110.733	2.66	0.89 110.388	2.64		0.62 110.658	2.74	0.331 110.947	2.56		-----
25	0 + 480	0.1 111.178	2.68	0.442 110.836	2.62	1.66	0 111.278	2.72	0.001 111.277	2.58		-----
26	0 + 500	1.116 111.472	2.73	1.035 111.553	2.58	1.59	0.69 111.898	2.75	0.411 112.177	2.60		164° 02' 29"

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
27	0 + 520	1.248 112.048	2.59	1.07 112.226	2.71		0.535 112.761	2.75	0.24 113.056	2.55		165° 07' 55"
28	0 + 540	0.002 113.294	2.70	0.002 113.294	2.60	1.55	0.05 113.246	2.59	0 113.296	2.71		-----
29	0 + 560	0.602 114.044	2.58	0.663 113.983	2.73		0.798 113.848	2.62	0.355 114.291	2.58		166° 54' 20"
30	0 + 580	0.045 114.601	2.66	0.007 114.639	2.64	1.56	0.14 114.506	2.64	0.002 114.644	2.60		-----
31	0 + 600	0.703 115.343	2.68	0.807 115.239	2.62	1.46	0.958 115.088	2.74	0.398 115.648	2.55		173° 28' 09"
32	0 + 620	1.051 115.454	2.73	0.949 115.556	2.58	1.61	0.868 115.637	2.72	0.24 116.265	2.71		169° 24' 19"
33	<b>EST.PI</b> 0 + 640	0.625 116.495	2.59	1.058 116.062	2.71	1.6	0.886 116.234	2.75	0.634 116.486	2.73	18° 06' 23"	179° 59' 13"
34	0 + 660	0.904 116.757	2.70	0.964 116.697	2.60	1.6	0.826 116.835	2.75	0.331 117.33	2.71		187° 31' 42"
35	0 + 680	0.365 118.783	2.64	0.491 118.657	2.66	1.58	0.582 118.566	2.59	0.272 118.876	2.58		183° 31' 42"
36	0 + 700	1.044 119.154	2.74	0.969 119.229	2.56		1.131 119.067	2.58	0.423 119.775	2.60		176° 29' 18"
37	0 + 720	0.62 119.578	2.58	0.679 119.519	2.73	1.66	0.624 119.574	2.59	0.001 120.197	2.55		-----
38	0 + 740	1.31 119.918	2.66	1.233 119.995	2.64		1.116 120.112	2.62	0.241 120.987	2.71		191° 44' 07"



#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
39	0 + 760	0.527 120.701	2.58	0.472 120.756	2.73	1.61	0.306 120.922	2.64	0.095 121.133	2.73		-----
40	0 + 780	1.072 121.497	2.66	1.069 121.5	2.64		1.046 121.523	2.74	0.86 121.709	2.71		189° 53' 14"
41	0 + 800	0.305 122.264	2.68	0.384 122.185	2.62	1.59	0.312 122.257	2.72	0.253 122.316	2.58		-----
42	0 + 820	0.581 123.101	2.73	0.605 123.077	2.58	1.63	0.422 123.26	2.75	0.253 123.429	2.60		196° 25' 36"
43	<b>EST.PI</b> 0 + 840	0.254 124.61	2.59	0.263 124.601	2.71	1.59	0.429 124.435	2.75	0.115 124.749	2.55	31° 55' 18'	189° 25' 55"
44	0 + 860	0.706 125.58	2.70	0.79 125.496	2.60	1.53	1.022 125.264	2.59	0.669 125.617	2.71		157° 28' 37"
45	0 + 880	1.448 125.459	2.64	1.415 125.492	2.66		1.235 125.672	2.58	1.197 125.71	2.73		144° 20' 53"
46	0 + 900	0.912 125.995	2.74	0.752 126.155	2.56	1.61	0.688 126.219	2.59	0.529 126.378	2.71		151° 47' 03"
47	0 + 920	1.07 126.486	2.58	1.122 126.434	2.73	1.68	0.782 126.774	2.62	0.565 126.991	2.58		172° 32' 03"
48	0 + 940	0.248 128.159	2.66	0.552 127.855	2.64	1.61	0.677 127.73	2.64	0.701 127.706	2.60		174° 15' 16"
49	0 + 960	0.918 128.527	2.58	0.952 128.493	2.73	1.61	1.037 128.408	2.74	0.952 128.493	2.55		143° 21' 36"
50	<b>EST.PI</b> 0 + 980	0.707 129.308	2.66	0.775 129.24	2.64	1.67	0.626 129.389	2.72	0.621 129.394	2.71	33° 50' 08'	147° 57' 44"
51	1 + 000	0.539 130.407	2.68	0.486 130.46	2.62	1.62	0.35 130.596	2.75	0.28 130.666	2.73		181° 47' 52"

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
52	1 + 020	0.468 131.692	2.73	0.411 131.749	2.58	1.79	0.389 131.771	2.75	0.213 131.947	2.71		187° 29' 28"
53	1 + 040	0.064 133.472	2.59	0.109 133.427	2.71	1.58	0.029 133.507	2.59	0 133.536	2.58		188° 14' 16"
54	1 + 060	1.062 133.993	2.70	0.951 134.104	2.60		0.748 134.307	2.58	0.511 134.544	2.60		195° 27' 23"
55	1 + 080	0.339 134.716	2.64	0.328 134.727	2.66	1.56	0.373 134.682	2.59	0.268 134.787	2.55		-----
56	1 + 100	1.029 135.274	2.74	1.068 135.235	2.56	1.6	0.847 135.456	2.62	0.678 135.625	2.71		-----
57	1 + 120	0.934 135.964	2.58	0.982 135.916	2.73	1.58	1.011 135.887	2.64	0.569 136.329	2.73		185° 15' 16"
58	<b>EST.PI</b> 1 + 140	1.073 136.536	2.56	1.112 136.497	2.74		1.179 136.43	2.75	1.019 136.59	2.60	46°09'03'	172° 46' 35"
59	1 + 160	0.934 136.675	2.60	0.898 136.711	2.70	1.62	0.987 136.622	2.75	0.971 136.638	2.55		126° 37' 30"
60	1 + 180	1.184 137.176	2.60	1.236 137.124	2.75		1.165 137.195	2.59	1.009 137.351	2.71		128° 56' 16"
61	1 + 200	0.144 138.216	2.55	0.004 138.356	2.75	1.6	0.005 138.355	2.58	0 138.36	2.73		-----
62	1 + 220	0.909 139.013	2.71	0.8 139.122	2.59		0.771 139.151	2.66	0.555 139.367	2.64		145° 29' 24"
63	1 + 240	0.371 139.551	2.73	0.344 139.578	2.58	1.62	0.177 139.745	2.68	0.074 139.848	2.62		-----

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
64	1 + 260	1.255 140.126	2.64	1.244 140.137	2.66	1.67	1.174 140.207	2.73	1.174 140.207	2.58		147° 46' 22"
65	1 + 280	0.452 141.42	2.65	0.447 141.425	2.65		0.378 141.494	2.59	0.378 141.494	2.71		137° 08' 36"
66	1 + 300	1.05 140.822	2.60	1.122 140.75	2.70		1.115 140.757	2.70	1.115 140.757	2.60		135° 34' 16"
67	1 + 320	0.93 140.942	2.60	1 140.872	2.75	1.61	0.378 141.494	2.64	0.378 141.494	2.66		-----
68	1 + 340	0.787 142.295	2.55	0.594 142.488	2.75	1.64	0.378 142.704	2.74	0.378 142.704	2.56		158° 42' 36"
69	1 + 360	0.71 143.554	2.71	0.47 143.794	2.59	1.55	0.35 143.914	2.72	0.35 143.914	2.58		157° 21' 00"
70	1 + 380	0.49- 144.82	2.73	0.464 144.85	2.58	1.5	0.357 144.957	2.66	0.357 144.957	2.64		147° 54' 18"
71	1 + 400	0.862 145.554	2.64	0.282 146.134	2.66		0.906 145.51	2.74	0.906 145.51	2.56		122° 43' 44"
72	1 + 420	0.17 146.246	2.69	0.229 146.187	2.71	1.61	0.005 146.411	2.66	0.005 146.411	2.64		-----
73	1 + 440	0.79 147.152	2.60	0.795 147.147	2.70	1.63	0.522 147.42	2.61	0.522 147.42	2.69		132° 54' 23"
74	1 + 460	0.752 148.198	2.60	0.678 148.272	2.75	1.65	0.403 148.547	2.76	0.403 148.547	2.54		139° 39' 30"
75	1 + 480	0.948 149.107	2.55	0.836 149.219	2.75	1.7	0.489 149.566	2.62	0.489 149.566	2.68		140° 37' 20"
76	1 + 500	0.893 150.101	2.71	0.687 150.307	2.59	1.62	0.591 150.403	2.64	0.591 150.403	2.66		142° 38' 40"

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
77	1 + 520	0.687 151.28	2.73	0.429 151.538	2.58	1.62	0.591 151.376	2.74	0.591 151.376	2.56		148° 42' 27"
78	1 + 540	0.882 152.058	2.64	0.72 152.22	2.66	0.576	0.576 152.364	2.72	0.576 152.364	2.58		155° 26' 21"
79	1 + 560	0.292 152.648	2.65	0.205 152.735	2.65	1.63	0.207 152.685	2.75	0.207 152.685	2.60		-----
80	1 + 580	1.007 153.267	2.60	0.914 153.36	2.70	1.63	0.685 153.589	2.75	0.685 153.589	2.55		-----
81	1 + 600	0.994 154.081	2.60	0.835 154.24	2.75	1.64	0.83 154.245	2.59	0.83 154.245	2.71		-----
82	1 + 620	0.736 155.159	2.55	0.559 155.336	2.75		0.534 155.361	2.58	0.534 155.361	2.73		-----
83	1 + 640	0.842 155.053	2.71	0.908 154.987	2.59	1.62	0.74 155.155	2.59	0.74 155.155	2.71		-----
84	1 + 660	0.428 156.309	2.73	0.382 156.355	2.58	1.6	0.111 156.626	2.75	0.111 156.626	2.60		-----
85	1 + 680	0.411 157.768	2.64	0.26 157.919	2.66	1.65	0.128 158.051	2.75	0.128 158.051	2.55		-----
86	1 + 700	1.128 158.521	2.66	1.149 158.5	2.64	1.62	1.048 158.601	2.59	1.048 158.601	2.71		-----
87	1 + 720	0.502 159.721	2.60	0.405 159.818	2.70	1.63	0.428 159.795	2.58	0.428 159.795	2.73		-----
88	1 + 740	0.758 160.693	2.60	0.631 160.82	2.75	1.62	0.582 160.869	2.66	0.582 160.869	2.64		-----
89	1 + 760	0.635 161.908	2.55	0.56 161.983	2.75	1.61	0.648 161.895	2.68	0.648 161.895	2.62		-----

#.estación	Estación	EXT.DER Lectura Cota	Distancia	INT.DER Lectura Cota	Distancia	$A_t$	INT.IZQ Lectura Cota	DISTANCIA	EXT.IZQ Lectura cota	Distancia	$\Delta_D$	observación
90	1 + 780	0.784 162.767	2.71	0.622 162.929	2.59	1.66	0.727 162.824	2.73	0.727 162.824	2.58		-----
91	1 + 800	0.97 163.572	2.73	0.856 163.686	2.58		0.933 163.609	2.59	0.933 163.609	2.71		168° 30' 34"
92	1 + 820	0.183 164.359	2.64	0 164.542	2.66	1.63	0.189 164.353	2.70	0.189 164.353	2.60		-----
93	1 + 840	0.355 165.8	2.65	0.231 165.924	2.65	1.65	0.42 165.735	2.64	0.42 165.735	2.66		-----
94	1 + 860	0.608 166.945	2.60	0.49 167.063	2.70		0.46 167.093	2.74	0.46 167.093	2.56		-----
95	1 + 880	0.118 167.435	2.60	0.005 167.548	2.75	1.67	0.058 167.495	2.72	0.058 167.495	2.58		-----
96	1 + 900	1.381 167.779	2.55	1.3 167.86	2.75		1.249 167.911		1.249 167.911			172° 06' 92"
97	1 + 920	0.845 168.315	2.71	0.604 168.556	2.59		0.762 168.398	2.74	0.762 168.398	2.56		-----
98	1 + 940	0.052 169.108	2.73	0.085 169.075	2.58	1.68	0.008 169.152	2.66	0.008 169.152	2.64		-----
99	1 + 960	1.343 169.455	2.64	1.076 169.722	2.66		0.958 169.84	2.61	0.958 169.84	2.69		183° 24' 33"
100	1 + 980	0.598 170.2	2.65	0.419 170.379	2.65	1.66	0.313 170.485	2.76	0.313 170.485	2.54		-----
101	2 + 000	1.162 171.044	2.60	1.081 171.125	2.70		0.935 171.271	2.62	0.935 171.271	2.68		-----

**Tabla II.1.1: Resultados del Levantamiento Topográfico.**

**Fuente: Propia**

## **2.2 ESTUDIO DE SUELO**

En este estudio se presentan los resultados de las investigaciones efectuadas a partir de los sondeos manuales. Este trabajo se realizó con el propósito de obtener las principales características del sub-suelo de la vía de acceso a la comunidad Pablo Calero en donde se requiere realizar el diseño de estructuras de pavimento. A demás se debe localizar y estudiar los bancos de materiales que pueden cubrir las necesidades del proyecto.

### **2.2.1 Suelo**

Se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El suelo contiene una amplia variedad de material tales como la grava, arena, mezclas arcillosas, limos, etc. Existen dos problemas al analizar los suelos en la naturaleza:

- 1.-Como se encuentran los suelos en la naturaleza.
- 2.-Como se transforman estos materiales naturales en nuevos materiales estructurales.

Ante esto se hace indispensable realizar pruebas de laboratorio que consisten analizar muestras de suelo mediante procedimientos y mecanismos especiales.

Las muestras pueden ser recolectadas mediante tres tipos de sondeos:

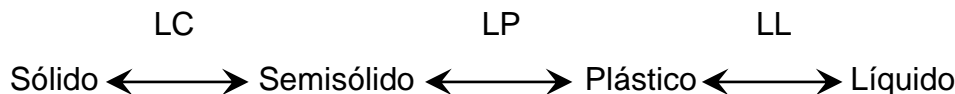
- Manuales
- A percusión
- A rotación

### **2.2.2 Límites de consistencia (de Atterberg).**

Una de las pruebas a realizar consiste en la granulometría del suelo, en la que se determina si el suelo es granular o fino y así posteriormente obtener los límites de consistencia de dicho suelo. Los Límites de Consistencia principales son:

- Límite de concentración (LC)
- Límite Plástico (LP)
- Límite líquido (LL)

Estos se utilizan para saber cuándo un suelo está por pasar de un estado a otro con respecto al porcentaje de humedad. El siguiente esquema representa con mayor claridad lo que se quiere decir:



Otra propiedad que debe ser analizada en el estudio de suelos es el *Índice de Plasticidad* (IP) el cual consiste en la diferencia algebraica entre el LL (Límite Líquido) y el LP (Límite Plástico). Desde el punto de vista ingenieril es el parámetro más importante en lo que se refiere a consistencia de los suelos.

**2.2.3 CBR\* (Valor relativo soporte):** Se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada. CBR para:

- Sub-base: 25% - 80%
- Base: 80% ó más.
- Subrasante: No menor del 10%.

---

\* Por sus iniciales en inglés de "California Bearing Ratio"

El CBR de diseño depende del tránsito:

Tránsito.	Nº de ejes Equivalentes de 1800lb	CBR en Percentil.
Liviano	$< 10^4$	60%
Medio	$10^4 - 10^6$	75%
Pesado	$> 10^6$	87%

**Tabla II.2.1: CBR de diseño según tipo de tránsito.**

**Fuente: TBR, highway capacity manual, 1994**

#### **2.2.4 Clasificación de los suelos.**

Consiste en agrupar a los suelos que presentan casi la misma característica de granulometría y consistencia. Los dos principales métodos de clasificación de suelos son:

- 1.- Método HRB (AASHTO)
- 2.- Método SUCS (Sistema unificado de clasificación)

El primero tiene su principal aplicación en los suelos que se van a clasificar para ser utilizados en obras horizontales, mientras que el segundo se utiliza para clasificar suelos que serán utilizados en obras verticales. Cabe señalar que en este trabajo sólo se utilizará el método HRB, puesto que se trata de una carretera.

Para la clasificación de suelos se necesita de la siguiente información:

- 1.- Porcentaje que pasa la malla #200, #40 y #10.
- 2.- Límite líquido y límite plástico (LL, LP)
- 3.- Índice de plasticidad  $IP = LL - LP$  (2. 1)
- 4.- Índice de Grupo.  $IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd$  (2. 2)

*Donde:*

$$a = \%QP\#200 - 35 \quad b = \%QP\#200 - 15 \quad (2. 3)$$

$$a_{\min} = 0 \quad b_{\min} = 0$$



$$\begin{array}{ll} a_{\text{máx}} = 40 & b_{\text{máx}} = 40 \\ c = LL - 40 & d = IP - 10 \\ c_{\text{mín}} = 0 & d_{\text{mín}} = 0 \\ c_{\text{máx}} = 20 & d_{\text{máx}} = 20 \end{array} \quad (2.4)$$

5.- Tabla de clasificación de suelos (ASSHTO) Ver tabla A- 8, en anexos.

El método del HRB plantea que si el 35% del material pasa por la malla #200 es de tipo fino, de lo contrario se considera de tipo grueso. Tomando en cuenta este criterio de granulometría y plasticidad.

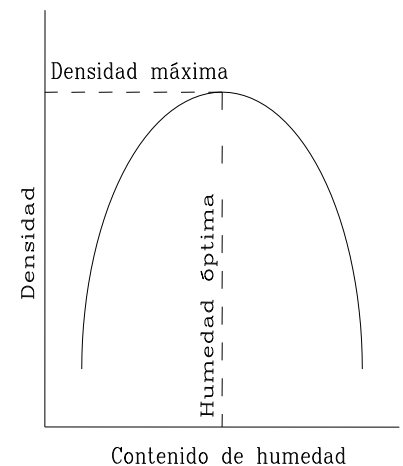
### 2.2.5 Compactación de suelos.

Al proceso mecánico de comprimir el suelo para reducir los vacíos, aumentar la capacidad soporte, impermeabilizar el suelo, reducir su volumen y aumentar la densidad se le llama *compactación de los suelos*.

### Factores que afectan la compactación de los suelos.

#### 2.2.5.1- Contenido de Humedad.

Se trata la cantidad de agua existente en el suelo, este tiene gran importancia en el momento de la compactación. El agua mejora la unión entre las partículas de arcilla, que es lo que da cohesividad a diversas materias, sin embargo el exceso puede ser fatal puesto que produce el efecto de licuefacción siendo desfavorable para cualquier tipo de construcción. Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado *grado óptimo de humedad\**, con el que es posible obtener la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación.



---

\* Ver en anexos tabla A- 7 de anexos.

**2.2.5.2- Energía de compactación:** Se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de energía de compactación:

- Peso estático
- Acción de amasamiento
- Percusión
- Vibración

**2.2.5.3- Tipo de suelo:** Esto es cuanto a la granulometría del suelo: se considera que un suelo está bien granulado si contiene una distribución buena y uniforme de tamaños de partículas. Cuanto menos espacio vacío exista entre las partículas, mejor grado de compactación tendrá.

## **2.2.6 ESTUDIO DE CAMPO**

Con el fin de conocer las condiciones y características del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio, los autores procedieron a realizar sondeos manuales para la toma de muestras de los suelos encontrados, se efectuaron un total de 10 sondeos manuales con una profundidad máxima de 1.40 metros, cada uno, ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central.

Sondeo manual	Estación	Distancia al eje central	Profundidad
Sm – 1	0 + 000	2.62m derecha	1.30 m
Sm – 2	0 + 250	2.70m izquierda	1.40 m
Sm – 3	0 + 500	1.75m derecha	1.35 m
Sm – 4	0 + 750	2.50m izquierda	1.40 m
Sm – 5	1 + 000	2.70m derecha	1.38 m
Sm – 6	1 + 150	2.38m izquierda	1.30 m
Sm – 7	1 + 300	2.65m derecha	1.40 m
Sm – 8	1 + 500	1.81m izquierda	1.30 m
Sm – 9	1 + 750	2.40m derecha	1.40 m
Sm – 10	2 + 000	2.57m izquierda	1.40 m

**Tabla II.1.2: Ubicación de los sondeos realizados.**

**Fuente: Propia**

Además, se suministró una muestra de suelo, procedente de una posible fuente de material, el cual puede suplir como material de base y/o sub-base del proyecto. Todas las muestras obtenidas en el campo se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

### **2.2.7 ESTUDIO DE LABORATORIO**

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración, se reagruparon y fueron sometidos a ensayos de laboratorio. Los suelos en estudio se clasificaron en la designación M 145-87 del sistema AASHTO. A continuación se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación AASHTO correspondiente:

CANTIDAD	TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION	
		ASTM	AASHTO
16	Análisis granulométrico de los suelos	D-422	T27-88
16	Limite liquido de los suelos	D-424	T89-90
16	Índice de plasticidad de los suelos	D-424	T90-97
16	CBR	D-1883	T193-81

**Tabla II.2.3: Tipo de ensaye realizado a las muestras.**

**Fuente: AASHTO (1985). Construction Manual for Highway Construction  
ASTM (1948). Norma D2487**

## CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO.

### **Sm1- M1 (0.00 – 0.60m)**

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupog

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 15 - 15 = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0).**

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

### **Sm1 – M2 (0.60 – 1.30m)**

1.-%QP#200 = 12 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – a (0).**

Mayormente gravas pero puede incluir arenas y finos.

Se considera como excelente para sub-razante.

**Sm2 – M1 (0.00 – 0.65m)**

1.-%QP#200 = 8 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0).**

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

**Sm2 – M2 (0.65 – 1.40m)**

1.-%QP#200 = 30 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 30 - 15 = 15$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0).**

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada buena para sub-razante.

**Sm3 – M1 (0.00 – 0.90m)**

1.-%QP#200 = 18 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 18 - 15 = 3$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0).**

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada buena para sub-razante.

**Sm3 – M2 (0.90 – 1.35m)**

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 15 - 15 = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0).**

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

**Sm4 – M1 (0.00 – 0.80m)**

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 15 - 15 = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0).**

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

**Sm4 – M2 (0.80 – 1.40m)**

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 15 - 15 = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – a (0).**

Mayormente gravas pero puede incluir arenas y finos.

Se considera como excelente para sub-razante.

**Sm5 – M1 (0.00 – 0.80m)**

1.-%QP#200 = 25 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 25 - 15 = 10$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0).**

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como buena para sub-razante.

**Sm5 – M2 (0.80 – 1.38m)**

1.-%QP#200 = 56 > 35, suelo fino; IP = 2.

2.-Índice de Grupo

$$a = 56 - 35 = 21$$

$$c = 0$$

$$b = 56 - 55 = 1$$

$$d = 0 \rightarrow IG = 0.2 (21) \quad \underline{IG \approx 4}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (4).**

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

**Sm6 – M1 (0.00 – 1.30m)**

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 15 - 15 = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 1 – a (0).**

Mayormente gravas pero puede incluir arenas y finos.

Se considera como excelente para sub-razante.

**Sm7 – M1 (0.00 – 0.60m)**

1.-%QP#200 = 26 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 26 - 15 = 11$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}.$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0).**

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como buen para sub-razante.

**Sm7 – M2 (0.60 – 1.40m)**

1.-%QP#200 = 47 > 35, suelo fino; IP = 2.

2.-Índice de Grupo

$$a = 47 - 35 = 12$$

$$c = 0$$

$$b = 47 - 15 = 32$$

$$d = 0 \rightarrow IG = 0.2 (12) \underline{IG \approx 2}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (2).**

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

**Sm8 – M1 (0.00 – 1.30m)**

1.-%QP#200 = 36 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 36 - 35 = 1$$

$$c = 0$$

$$b = 36 - 15 = 21$$

$$d = 0 \rightarrow IG = 0.2 (1) \underline{IG \approx 0}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (0).**

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.



**Sm9 – M1 (0.00 – 1.40m)**

1.-%QP#200 = 36 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 36 - 35 = 1$$

$$c = 0$$

$$b = 36 - 15 = 21$$

$$d = 0 \rightarrow IG = 0.2 (1) \quad \underline{IG \approx 0}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

**Sm10 – M1 (0.00 – 1.40m)**

1.-%QP#200 = 41 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 41 - 35 = 6$$

$$c = 0$$

$$b = 41 - 15 = 26$$

$$d = 0 \rightarrow IG = 0.2 (6) \quad \underline{IG \approx 1}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (1)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

**CLASIFICACIÓN DE BANCO.**

**Banco: Hormigón Rojo, La Barranca.**

1.-%QP#200 = 0 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0}$$

3.-Clasifica como **A – 1 – a (0)**.

Mayormente gravas pero puede incluir arenas.

Considerada como excelente para sub-razante.

### **2.2.8 RESULTADOS OBTENIDOS**

Basado en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se procedió a utilizar el método HRB, lo que permitió identificar el tipo de suelo que contenía cada una de las muestras extraídas de los sondeos manuales, teniendo en cuenta la profundidad de cada una de las muestras de cada sondeo y su estacionamiento, se procedió a graficar la profundidad vs estacionamiento en el perfil longitudinal obteniendo de esta manera el perfil estratigráfico.

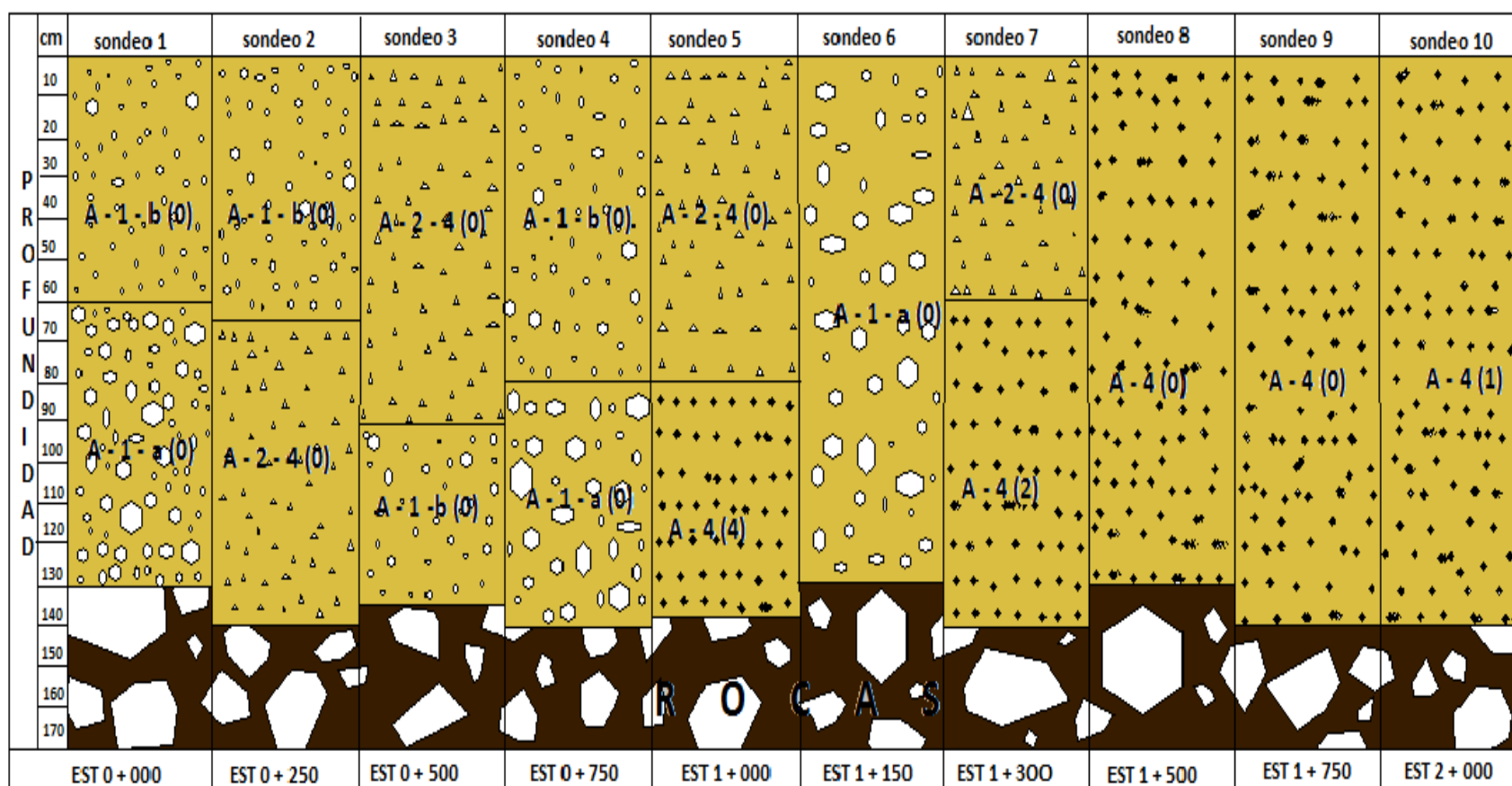
Este permite visualizar el comportamiento del subsuelo a lo largo de los 2km en estudio lo que nos da la idea de cómo es su comportamiento.

Sondeo Nº	Muestra Nº	Profundidad (m)	Ensay e CBR	% que pasa por el Tamiz									LL (%)	IP (%)
				1½"	1"	¾"	½"	⅜"	#4	# 10	# 40	# 200		
Estación 0 + 000				Clasificación HRB: A-1-b (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Sm-1	1	0.0 – 0.6	56	100	96	91	80	72	50	42	35	15	–	NP
	2	0.6 – 1.3	70	100	97	90	82	75	55	46	30	12	–	NP
				Clasificación HRB: A-1-a (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Estación 0 + 250				Clasificación HRB: A-1-b (0)				Clasificación SUCS: GW-GM Grava Bien Graduada con Limo						
Sm-2	1	0.0 – 0.65	56	100	88	74	63	58	43	31	18	8	–	NP
	2	0.65 – 1.4	75	100	88	82	76	71	59	52	42	30	–	NP
				Clasificación HRB: A-2-4 (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Estación 0 + 500				Clasificación HRB: A-2-4 (0)				Clasificación SUCS: SC Arena Arcillosa						
Sm-3	1	0.0 – 0.9	75	96	91	86	80	77	67	61	40	18	–	NP
	2	0.9 – 1.35	56	100	94	90	82	75	71	63	41	15	–	NP
				Clasificación HRB: A-1-b (0)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Estación 0 + 750				Clasificación HRB: A-1-b (0)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Sm-4	1	0.0 – 0.8	56	100	100	96	90	86	68	61	46	17	–	NP
	2	0.8 – 1.4	70	100	99	93	83	76	60	53	38	15	–	NP
				Clasificación HRB: A-1-a (0)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Estación 1 + 000				Clasificación HRB: A-2-4 (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Sm-5	1	0.0 – 0.8	75	95	88	76	62	55	44	41	34	25	–	NP
	2	0.8 – 1.38	25	100	100	100	92	91	86	84	79	56	17	2
				Clasificación HRB: A-4 (4)				Clasificación SUCS: ML Limo de Baja Plasticidad						
Estación 1 + 150														
Sm-6	1	0.0 – 1.3	70	97	85	78	69	64	54	46	30	15	–	NP
				Clasificación HRB: A-1-a (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Estación 1 + 300				Clasificación HRB: A-2-4 (0)				Clasificación SUCS: GM Grava Limosa						
Sm-7	1	0.0 – 0.6	75	97	93	88	75	69	57	52	43	26	–	NP
	2	0.6 – 1.4	12	100	100	100	99	98	90	86	75	47	17	2
				Clasificación HRB: A-4 (2)				Clasificación SUCS: SW-SC Arena Bien Graduada con Arcilla						
Estación 1 + 500														
Sm-8	1	0.0 – 1.3	12	100	100	100	98	95	85	76	63	36	–	NP
				Clasificación HRB: A-4 (0)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Estación 1 + 750														
Sm-9	1	0.0 – 1.4	12	100	100	100	98	97	88	81	66	36	–	NP
				Clasificación HRB: A-4 (0)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Estación 2 + 000				Clasificación HRB: A-4 (1)				Clasificación SUCS: SM Arena Limosa						
Sm-10	1	0.0 – 1.4	5	100	97	93	88	84	76	72	63	41	–	NP

**Tabla II.2.4: Resultados del estudio de suelo**

Fuente: Laboratorio de Suelos UNAN-Managua, Ver Anexo Tabla A-8.

### Estratigrafía de los Suelos Obtenidos en los Sondeos



Grafica II.2.1: Estratigrafía de las muestras de suelos.

Fuente: Laboratorio de Suelos UNAN-Managua. Ver Anexos Tabla A-8

A continuación se presentan el tipo de suelo que predomina en cada estación de estudio según los resultados obtenidos en cada uno de los sondeos manuales realizados:

**“Estación 0+000”**

En el sondeo manual Sm-1, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.30m, se observa el predominio de material granular.

En el Estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.60m, se observa arena gravo limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**.

En el segundo estrato, a partir de la profundidad de 0.60 m hasta la profundidad investigada de 1.30m, se presenta grava limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-a**.

**“Estación 0+250”**

En el sondeo manual Sm-2, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.40m, se observa el predominio de material granular.

Se observa, desde la superficie hasta la profundidad investigada, un predominio de material granular, conformado por arena limosa y arena gravo limosa, de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b** (0 - .65m) y **A-2-4**(.65 – 1.40m).

**“Estación 0+500”**

En el sondeo manual Sm-3, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.35m, se observa el predominio de material granular.

En el estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.90m, se observa un suelo conformado por una arena limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-2-4**.

En el Estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.90m hasta la profundidad investigada de 1.35m, se observa arena gravo limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**.

#### **“Estación 0+750”**

En el sondeo manual Sm-4, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.40m, se observa el predominio de material granular.

En el Estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.80m, se observa arena gravo limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**.

En el segundo estrato, a partir de la profundidad de 0.80 m hasta la profundidad investigada de 1.40m, se presenta grava limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-a**.

#### **“Estación 1+000”**

En el sondeo manual Sm-5, se presenta desde la superficie hasta la profundidad de 0.80m, un material granular constituido por arena limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-2-4**. Bajo los 0.80m de profundidad hasta la profundidad investigada de 1.38m, se observa un suelo fino, de baja plasticidad, el cual se encuentra conformado por suelo limoso, que se clasifica del tipo **A-4(4)**

#### **“Estación 1+150”**

En el sondeo manual Sm-6, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.30m, se observa el predominio de material granular. En el único estrato se presenta grava limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-a**.

### **“Estación 1+300”**

En el sondeo manual Sm-7, se presenta desde la superficie hasta la profundidad de 0.60m, un material granular constituido por arena limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-2-4**. Bajo los 0.60m de profundidad hasta la profundidad investigada de 1.40m, se observa un suelo fino, de baja plasticidad, el cual se encuentra conformado por suelo limoso, que se clasifica del tipo **A-4(2)**.

### **“Estación 1+500, 1+750 y 2+000”**

En los sondeos manuales Sm-8, Sm-9 y Sm10 con profundidades estudiadas de 1.30m, 1.40m y 1.40m respectivamente, y de un solo estrato cada sondeo, se observa el predominio de material fino de baja plasticidad, el cual se encuentra conformado por suelo limoso, que se clasifica del tipo **A-4** para cada sondeo.

### **Banco de material.**

#### ➤ Banco de material: “Hormigón Rojo, La Barranca”

Esta fuente está conformada por escorias volcánicas (Hormigón rojo), correspondiente a gravas limosas de buena graduación. La AASHTO clasifica este material del tipo **A-1-a** con índice de grupo cero. La pequeña cantidad de finos que contiene es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Se considera de peso ligero, dado que es bastante poroso lo cual se puede verificar con el resultado de sus pesos volumétricos\*. Se obtuvo un CBR en el laboratorio del 97.1%.

Este banco de materiales se localiza frente al boulevard Abaunza, detrás de la Iglesia Hosanna de Masaya, a unos 300 metros del Km. 29 de la carretera Managua – Masaya.

---

\* Refiérase a la tabla de resultados de ensayos en la Tabla (A-11) de anexos.

## **2.3 ESTUDIO DE TRANSITO**

### **ESTUDIO DE TRÁNSITO.**

El estudio de tránsito provee información importante para el diseño geométrico y estructural de la carretera. Sin embargo el peso de los vehículos influye en gran manera sobre la estructura del pavimento, por lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✎ El tipo de tránsito
- ✎ La carga máxima por rueda
- ✎ La intensidad media anual de lluvia.

#### **2.3.1 TIPOS DE TRANSITO.**

El tránsito se divide en tres categorías:

Tránsito liviano: Cuando el número de vehículos comerciales por día fuera igual o inferior a 250, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito medio: Cuando el número de vehículos comerciales por día estuviere comprendido entre 250 - 750, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito pesado: Cuando el número de vehículos comerciales excediere de 750 o cuando hubiera más de 250 camiones por día, con carga por rueda igual a la máxima. Los espesores determinados por medio de las tablas, deberán ser incrementados en función de la densidad media anual de lluvia, dicho incremento se muestra en la tabla A- 13 de anexos.



### **Carga máxima de 4 toneladas**

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

### **Carga máxima de 5 toneladas**

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

### **Carga máxima de 6 toneladas**

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 45 (CBR mínimo de 70)

## **2.3.2 VOLUMEN DE TRANSITO**

Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado de tiempo. Matemáticamente se

expresa:  $Q = \frac{N}{T}$  (2.5)

Donde:         $Q$         Vehículos que pasan por unidad de tiempo.  
                   $N$         Número total de vehículos que pasan (Vehículos)  
                   $T$         Periodo determinado (Unidad de tiempo)

### **2.3.2.1 Tránsito promedio diario (TPD)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

### **2.3.2.2 Volúmenes horarios**

Se utilizan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito.

### **2.3.2.3 Factor de la hora de máxima demanda (FHMD)**

Es un indicador de las características del flujo de Tránsito en periodos máximos. Indica cómo se dividen los flujos máximos en una hora. Su mayor valor es la unidad (FHMD=1). Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. En general se considera que cuando el FHMD es menor que 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.

$$FHMD = \frac{VMHD}{4q_{m\acute{a}x}} \quad (2.6)$$

Donde: VMHD Volumen horario de máxima demanda.

$q_{m\acute{a}x}$  Flujo máximo

**2.3.2.4 Vehículos de Diseño:** Los vehículos de diseño son los vehículos predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por la carretera, en este tramo de calle considerada como una calle de tránsito comercial, circulan en mayor proporción los vehículos livianos, sin embargo los camiones (C2 y C3) representan un factor importante en el diseño estructural, por esta razón se considera como vehículo de diseño el tipo C3.

**2.3.2.5 Distribución direccional de las corrientes de tránsito:** La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.

**2.3.2.6 Composición del Tránsito:** Depende del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular influenciando según su relevancia porcentual en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y espesores de pavimentos.

### **2.3.2.7 Las proyecciones de la demanda del tránsito.**

En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de 20 años como la base para el diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

Los volúmenes de tránsito futuro para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual del incremento del tránsito esperado al final del año del período de diseño. Para el diseño estructural se determina un flujo de tránsito de 1.5 veces el tránsito actual, esto se debe a consideraciones de diseño tomadas del método que se utilizará.

### **2.3.3 AFORO VEHICULAR.**

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras. El aforo de tránsito realizado al tramo en estudio se llevó a cabo en tres días de una misma semana, iniciando a las 6:00am y terminando a las 6:00pm en cada uno de los días estudiado, el aforo se realizó en un punto estratégico donde se consideró que el flujo vehicular es representativo. Al final se elaboró una tabla que representa el tránsito promedio diario que se obtuvo a partir del aforo realizado. A continuación se presentan las tablas de conteo por vehículos livianos y pesados de cada día estudiado:

AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR							
Vía de acceso de 2 km comunidad Pablo Calero - Ticuantepe							
Intervalo de tiempo		Flujo vehicular, lunes 06 de febrero de 2012					
De:	A:	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Intervalo de tiempo		Vehículos livianos	Vehículos pesados
06:00	06:15	8	1	12:00	12:15	9	3
06:15	06:30	11	0	12:15	12:30	9	0
06:30	06:45	11	1	12:30	12:45	12	0
06:45	07:00	14	1	12:45	13:00	7	0
07:00	07:15	10	1	13:00	13:15	11	1
07:15	07:30	21	2	13:15	13:30	10	1
07:30	07:45	19	1	13:30	13:45	12	1
07:45	08:00	14	1	13:45	14:00	10	2
08:00	08:15	10	0	14:00	14:15	8	0
08:15	08:30	7	0	14:15	14:30	9	0
08:30	08:45	13	0	14:30	14:45	13	1
08:45	09:00	9	1	14:45	15:00	9	1
09:00	09:15	15	3	15:00	15:15	21	1
09:15	09:30	10	0	15:15	15:30	18	1
09:30	09:45	12	1	15:30	15:45	14	2
09:45	10:00	8	1	15:45	16:00	12	0
10:00	10:15	12	1	16:00	16:15	16	0
10:15	10:30	10	2	16:15	16:30	11	0
10:30	10:45	9	1	16:30	16:45	13	0
10:45	11:00	9	1	16:45	17:00	16	1
11:00	11:15	19	0	17:00	17:15	19	1
11:15	11:30	7	0	17:15	17:30	23	2
11:30	11:45	13	0	17:30	17:45	22	1
11:45	12:00	15	0	17:45	18:00	16	1
$\Sigma=$		286	19	$\Sigma=$		320	20

**Tabla II.2.4: Primer aforo realizado (tramo de 2 km)**  
**Aforo 1.Fuente: Propia**

AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR							
Vía de acceso de 2 km comunidad Pablo Calero - Ticuantepe							
Intervalo de tiempo		Flujo vehicular, miércoles 08 de febrero de 2012					
		Vehículos Livianos	Vehículos pesados	Intervalo de tiempo		Vehículos livianos	Vehículos pesados
De:	A:						
06:00	06:15	9	2	12:00	12:15	10	2
06:15	06:30	10	1	12:15	12:30	10	0
06:30	06:45	11	1	12:30	12:45	11	0
06:45	07:00	13	1	12:45	13:00	5	0
07:00	07:15	14	0	13:00	13:15	12	1
07:15	07:30	23	3	13:15	13:30	11	1
07:30	07:45	20	2	13:30	13:45	9	1
07:45	08:00	14	1	13:45	14:00	9	2
08:00	08:15	16	1	14:00	14:15	7	0
08:15	08:30	8	0	14:15	14:30	8	0
08:30	08:45	11	0	14:30	14:45	10	0
08:45	09:00	16	3	14:45	15:00	13	1
09:00	09:15	12	0	15:00	15:15	15	0
09:15	09:30	13	1	15:15	15:30	13	1
09:30	09:45	9	2	15:30	15:45	8	0
09:45	10:00	12	1	15:45	16:00	11	0
10:00	10:15	11	2	16:00	16:15	16	0
10:15	10:30	9	1	16:15	16:30	12	0
10:30	10:45	10	1	16:30	16:45	12	0
10:45	11:00	20	0	16:45	17:00	15	1
11:00	11:15	8	0	17:00	17:15	19	1
11:15	11:30	10	0	17:15	17:30	22	2
11:30	11:45	12	0	17:30	17:45	20	1
11:45	12:00	17	1	17:45	18:00	18	1
Σ=		308	24	Σ=		296	15

**Tabla II.2.5: Segundo aforo realizado (tramo de 2 km)  
Aforo 2.**

**Fuente: Propia**

AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR							
Vía de acceso de 2 km comunidad Pablo Calero - Ticuantepe							
Intervalo de tiempo		Flujo vehicular, viernes 10 de febrero de 2012					
De:	A:	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Intervalo de tiempo		Vehículos livianos	Vehículos pesados
06:00	06:15	11	2	12:00	12:15	11	2
06:15	06:30	8	2	12:15	12:30	13	1
06:30	06:45	16	1	12:30	12:45	8	0
06:45	07:00	14	1	12:45	13:00	6	0
07:00	07:15	11	0	13:00	13:15	12	1
07:15	07:30	20	0	13:15	13:30	15	1
07:30	07:45	18	0	13:30	13:45	10	0
07:45	08:00	14	1	13:45	14:00	13	2
08:00	08:15	13	1	14:00	14:15	12	1
08:15	08:30	7	0	14:15	14:30	9	1
08:30	08:45	10	0	14:30	14:45	12	0
08:45	09:00	15	2	14:45	15:00	16	1
09:00	09:15	12	1	15:00	15:15	20	1
09:15	09:30	9	0	15:15	15:30	19	1
09:30	09:45	11	1	15:30	15:45	16	0
09:45	10:00	9	1	15:45	16:00	17	1
10:00	10:15	15	1	16:00	16:15	12	0
10:15	10:30	11	1	16:15	16:30	10	0
10:30	10:45	9	0	16:30	16:45	7	0
10:45	11:00	8	0	16:45	17:00	18	2
11:00	11:15	21	3	17:00	17:15	20	2
11:15	11:30	16	0	17:15	17:30	22	1
11:30	11:45	15	0	17:30	17:45	25	1
11:45	12:00	10	0	17:45	18:00	21	1
$\Sigma =$		303	18	$\Sigma =$		344	20

**Tabla II.2.6: Tercer aforo realizado (tramo de 2 km)**

**Aforo 3.**

**Fuente: Propia**

En base a la definición de TPD se tiene la siguiente tabla que muestra el TPD de la calle analizada:

Intervalo	Vehículos		
	Liviano	Pesado	Mixto
6:00 - 6:15.	9	2	11
6:15 - 6:30	10	1	11
6:30 - 6:45	13	1	14
6:45 - 7:00	14	1	15
7:00 - 7:15	12	0	12
7:15 - 7:30	21	2	23
7:30 - 7:45	19	1	20
7:45 - 8:00	14	1	15
8:00 - 8:15	13	1	14
8:15 - 8:30	7	0	7
8:30 - 8:45	11	0	11
8:45 - 9:00	13	2	15
9:00 - 9:15	13	1	14
9:15 - 9:30	10	0	10
9:30 - 9:45	11	1	12
9:45 - 10:00	10	1	11
10:00 - 10:15	13	1	14
10:15 - 10:30	10	1	11
10:30 - 10:45	9	1	10
10:45 - 11:00	12	0	12
11:00 - 11:15	16	1	17
11:15 - 11:30	11	0	11
11:30 - 11:45	13	0	13
11:45 - 12:00	14	0	14
<b>Total.</b>	<b>298</b>	<b>19</b>	

Intervalo	Vehículos		
	Liviano	Pesado	Mixto
12:00 - 12:15.	10	2	12
12:15 - 12:30	11	0	11
12:30 - 12:45	10	0	10
12:45 - 13:00	8	0	8
13:00 - 13:15	12	1	13
13:15 - 13:30	12	1	13
13:30 - 13:45	10	1	11
13:45 - 14:00	11	2	13
14:00 - 14:15	9	0	9
14:15 - 14:30	9	0	9
14:30 - 14:45	12	0	12
14:45 - 15:00	13	1	14
15:00 - 15:15	19	1	20
15:15 - 15:30	17	1	18
15:30 - 15:45	13	1	14
15:45 - 16:00	13	0	13
16:00 - 16:15	15	0	15
16:15 - 16:30	11	0	11
16:30 - 16:45	11	0	11
16:45 - 17:00	16	1	17
17:00 - 17:15	19	1	20
17:15 - 17:30	22	2	24
17:30 - 17:45	22	1	23
17:45 - 18:00	18	1	19
<b>Total.</b>	<b>323</b>	<b>17</b>	

**Tabla II.2.7: Tránsito Promedio Diario de vehículos mixtos**

**(Tramo 2 km – Ticuantepe)**

**Fuente: Propia**

La tabla II.2.8 muestra el número promedio de los vehículos que transitan a diario por las calles que formar parte de los tramos en estudio.

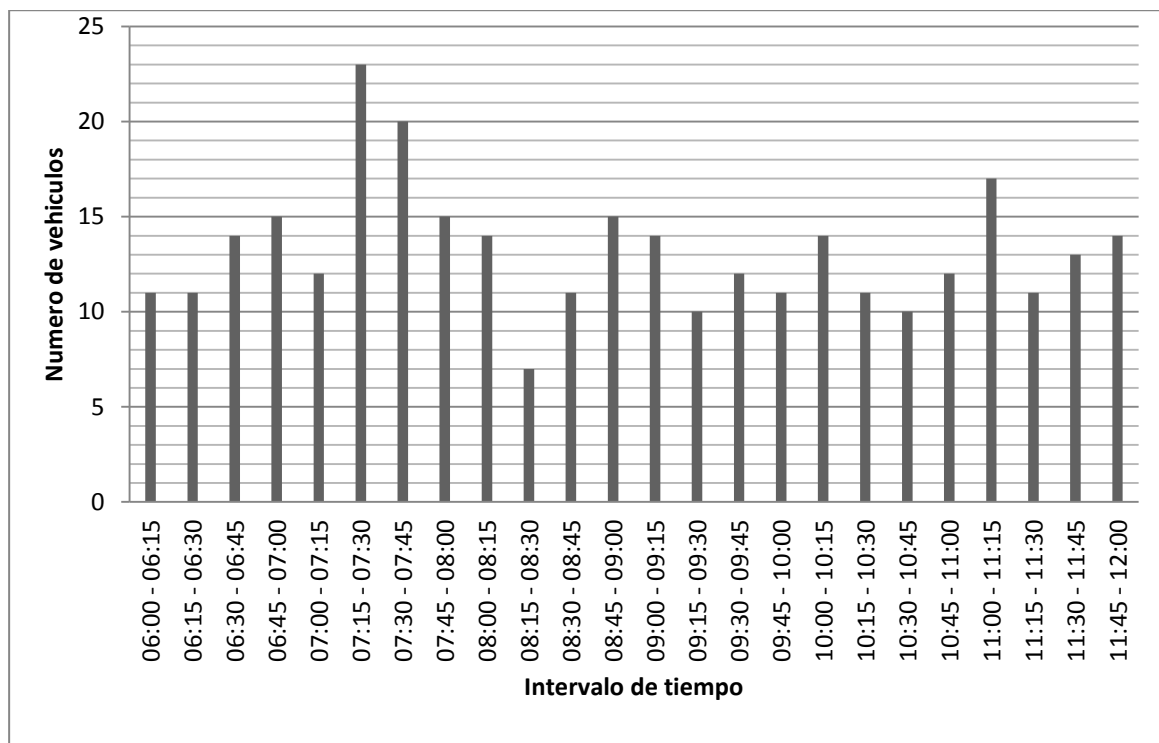
AFORO	Veh. Livianos	Veh. Pesados
Aforo 1	606	39
Aforo 2	604	39
Aforo 3	647	38
Total (veh.)	1857	116
Veh. Mixtos	1973	
Veh. Mixtos por carril (50/50)	987	
TPD (Veh/día)	329	

**Tabla II.2.8: Tránsito Promedio Diario.**  
**(Tramo 2 km - Ticuantepe)**

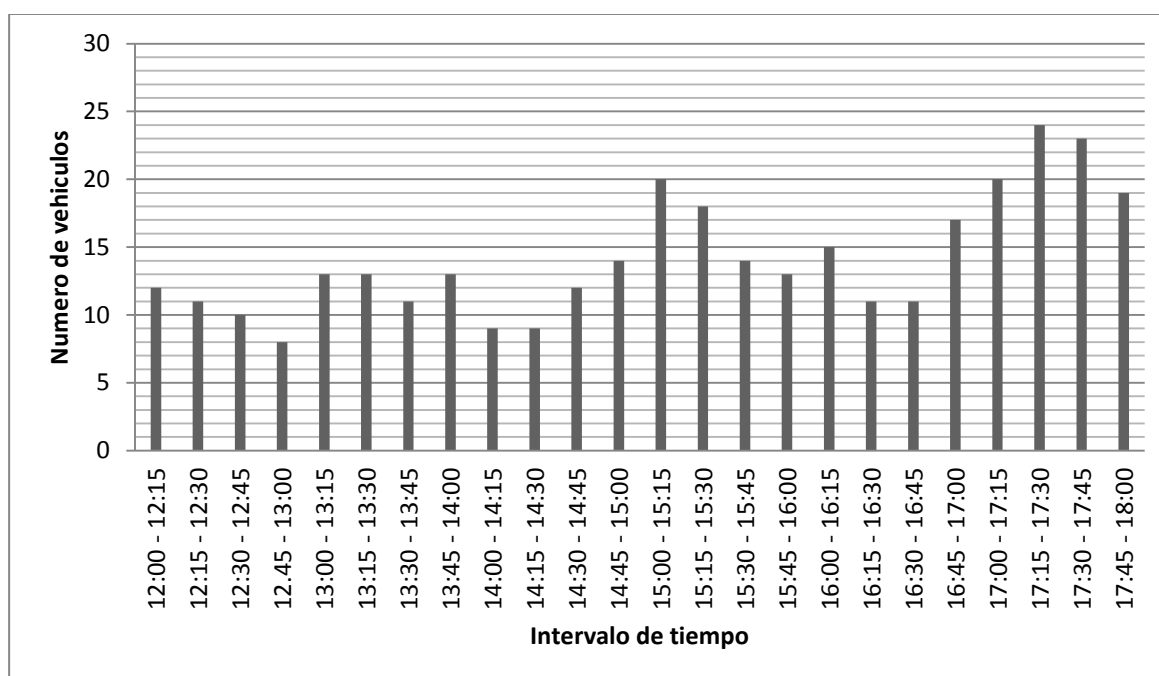
**Fuente: Propia**

**Figura II.1a: Grafico (Flujo vehicular – Tiempo)**





Fuente: Propia



**Figura II.1b: Gráfico (Flujo vehicular – Tiempo) \_ Continuación. Fuente: Propia.**

## **2.3.4 MEMORIA DE CÁLCULO.**

### **ANÁLISIS DEL AFORO VEHICULAR.**

#### **2.3.4.1 Factor horario de máxima demanda.**

El área sombreada en ambos cuadros representa el flujo máximo de vehículos que transitaron entre las 07:15 y las 08:15 de la mañana (primer cuadro) y por la tarde entre las 05:00 y 06:00 (segundo cuadro) el volumen horario de máxima demanda para el estudio realizado es:

$$VHMD = 23 + 20 + 15 + 14 = 72 \text{ Veh. Mixto / hora. (am)}$$

$$VHMD = 20 + 24 + 23 + 19 = 86 \text{ Veh. Mixto / hora. (pm)}$$

El VHMD con el que se trabajará es el mayor, de modo que el flujo máximo ( $q_{\max}$ ) para periodos de 15 minutos corresponde al de las 05:00 y 06:00, con un valor de 24 vehículos mixtos.

Por tanto el factor horario de máxima demanda (FHMD) es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 \times q_{\max}}$$

$$FHMD = \frac{86}{4 \times 24} \quad FHMD = 0.86 > 0.85$$

Este valor indica que en este período hay mayor concentración de vehículos que en el resto del día, puede considerarse como un valor crítico con respecto al flujo vehicular.

#### **2.3.4.2 Nivel de servicio de la calle.**

##### Características de la vía:

Velocidad de Proyecto	50KPH
Terreno	Plano
Long de rebase restringida	40%
Distribución direccional	50/50
Ancho de carril	3.50m

**Características del tráfico:**

VHMD	86 veh/h
FHMD	0.86
Composición del tráfico:	
81 livianos	94%
5 camiones (PT)	6%
Buses (PB)	0%

Se utilizarán las tablas A-15, A-16, A-17 y A-18 de anexos para calcular la Relación volumen/capacidad, Factor de distribución direccional, Factor de ajuste por ancho de carril y Factor de vehículos pesados

**1. Determinación de la relación volumen/capacidad (v/c).** (Ver tabla A- 15)

$$(v/c)_A = 0.09 \quad (v/c)_C = 0.36 \quad (v/c)_E = 1.00$$

$$(v/c)_B = 0.21 \quad (v/c)_D = 0.60$$

**2. Factor de distribución direccional ( $f_d$ )** (Ver tabla A- 16)

$$f_{d(50/50)} = 1.00$$

**3. Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )** (Ver tabla A- 17)

Se trabajó con los valores más próximos a 3.50m, es decir con los valores correspondientes al ancho de carril de 3.65m

Por tanto:

$$f_{w \text{ A-D}} = 0.70$$

$$f_{w \text{ E}} = 0.88$$

**4. Factor de vehículos pesados ( $f_{hv}$ )** (Ver tabla A – 18)

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PB(EB - 1) + PR(ER - 1)} \quad (2.7)$$

$$\text{Porcentaje de camiones:} \quad PT = 0.06$$

$$\text{Porcentaje de auto buses:} \quad PB = 0$$

$$\text{Porcentaje de vehículos recreativos:} \quad PR = 0$$

$$\text{Por tanto la ecuación se reduce a: } f_{hv} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1)}$$

$$ET_A = 2.0$$

$$ET_{B-C} = 2.2$$

$$ET_{D-E} = 2.0$$

Utilizando la ecuación modificada para  $f_{hv}$  se obtienen:

$$F_{hv_A} = \frac{1}{1+0.06(2-1)} = 0.943$$

$$F_{hv_{B,C}} = \frac{1}{1+0.06(2-1)} = 0.943$$

$$F_{hv_{DE}} = \frac{1}{1+0.06(2.2-1)} = 0.933$$

### 5. Nivel de Servicio (SF)

El flujo de servicio (SF) para Terreno plano está dado por:

$$SF = 2800(v/c)(f_d)(f_w)(f_{hv}) \quad (2.8)$$

$$SF_A = 2800 (0.09)(1.0)(0.7)(0.943) = 166 \text{ Veh/h}$$

$$SF_B = 2800 (0.21)(1.0)(0.7)(0.933) = 384 \text{ Veh/h}$$

$$SF_C = 2800 (0.36)(1.0)(0.7)(0.933) = 658 \text{ Veh/h}$$

$$SF_D = 2800 (0.60)(1.0)(0.7)(0.943) = 1109 \text{ Veh/h}$$

$$SF_E = 2800 (1.00)(1.0)(0.88)(0.943) = 2324 \text{ Veh/h}$$

### 6. Flujo de máxima demanda actual

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} \quad (2.9)$$

$$FS = \frac{86}{0.86} = 100 \text{ Veh/h}$$

Se verifica por comparación que:

$$FS < SF_A$$

$$100 \text{ Veh/h} < 166 \text{ Veh/h}$$

Esto indica que el tramo de calle está operando en el *nivel de servicio A*.

### **7.- Nivel servicio proyectado a 15 años.**

Tasa de crecimiento vehicular  $i = 6\%$  (aplicado a zonas urbanas)

Proyección para 15 años

$$FS_n = FS (1 + i)^n \quad (2.10)$$

$$FS_{15} = 100(1+0.06)^{15}$$

$$FS_{15} = 240 \text{ Veh/h}$$

Se verifica por comparación que:

$$FS_{15} < SF_B$$

$$240 \text{ Veh/h} < 384 \text{ Veh/h}$$

Esto indica que el tramo de calle dentro de 15 años estará operando en el *nivel de servicio B*.

## **2.4 ESTUDIO HIDROLOGICO**

En este estudio se presentan la información básica sobre los métodos de hidrología y determinación de corriente de drenaje pequeñas utilizando la formula racional. La información mencionada incluye el coeficiente de escorrentía para el área local, gasto de intensidad de precipitación y el área de la cuenca.

Las estructuras de drenaje deben tener capacidad adecuada para acomodar esta cantidad de agua.

### **2.4.1 METODO RACIONAL:**

Fórmula para calcular las escorrentías superficiales de una cuenca hidrográfica:

La fórmula racional es una herramienta muy utilizada para medir descargas de pequeños drenajes. Se adapta muy bien para la determinación de las escorrentías para drenajes superficial de caminos, calles, y descargas para alcantarillas de pequeñas cuencas.

La fórmula para el método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = la cantidad de esorrentía en  $m^3/s$  .

C = coeficiente de esorrentía. El coeficiente seleccionado para reflejar las características de las cuencas como topografía, tipo de suelo, vegetación y liso de la tierra. (ver anexo tabla A-21)

I = intensidad promedio de lluvia para la frecuencia seleccionada y para la duración igual al tiempo de concentración en mm/h.

A = área de la cuenca en hectárea

TABLAS DE PARAMETROS A, B Y n.

A, B y n: son valores obtenidos del análisis estadístico para un determinado periodo de retorno, en nuestro diseño se tomaron datos proporcionados por INETER para la ciudad de Ticuantepe (ver anexos tabla A-31) *donde i* es la intensidad de lluvias en mm/hora,  $t_c$  – tiempo de concentración de la cuenca hidrográficas y A, B, n son coeficientes que se determinan con los datos intensidades de lluvias, proporcionados por INETER.

Parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma:  $I=A/(t + d)^b$

<b>T: años</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>n</b>
1.5	3457.204	20.0	1.035
2	4645.181	25.0	1.051
5	5131.555	28.2	1.004
10	6856.948	33.0	1.021
15	10266.968	40.0	1.073
25	13464.293	45.0	1.1
50	22745.214	55.0	1.164
100	37471.591	65.0	1.225

**Tabla II. 3.5 Parámetros de ajuste para Intensidad**

**Fuente:** INETER, ver Anexos Tabla A-29.

#### **2.4.2 MEMORIA DE CÁLCULO**

L= 2km=2000m

Perímetro de cuenca

P=8.5 cm

X= (8.5) (50000)

X=425000/100000

P=4.25km

Área de cuenca

A= (4.25/4)<sup>2</sup>

A=1.1289 km<sup>2</sup>

Pendiente de caminos.  $S = (370-300/2000) \times 100$

$S = 3.5\%$

$S = 0.035$

El área del camino será

$A = 7m \times 2000m = 14000/10000 = 1.4$  Hectáreas

El punto máximo de aporte será

$L = 2000m$

Se trabajó con un

$L = 620 m$

$S = 3.5\%$

Debido a que no se cuenta con datos de las estaciones meteorológicas de Ineter para la evaluación del tiempo de concentración se utilizara la fórmula de B.W. Taylor y ARGUELLO para el cálculo de tiempo de concentración e intensidades de lluvias.

$$T_c = (0.01947 \times L^{0.77}) / S^{0.385}$$

$$T_c = 0.01947 \times (620m)^{0.77} / (0.035)^{0.385} = 9.96 \text{ minutos}$$

Con un periodo de retorno para 10 años calculamos la intensidad sobre la cuneta. ( ver anexos, tabla A-28)

$$I = A / (T_c + B)^n$$

Para 10 años obtenemos los siguientes valores según la tabla de parámetros con los valores A, B Y n de los datos obtenidos de INETER. (ver tabla II.3.5)



$$A=6856.948 \text{ B}=33 \text{ n}= 1.021$$

$$I= 6856.948 / (9.96 + 33)^{1.021}$$

$$I= 147.49 \text{ mm/h}$$

Calculo del caudal de diseño

$$C=0.7$$

$$Q = CIA/2 \times 360 = (0.7) (147.49 \text{ mm/h})(1.4 \text{ Ha}) / (2 \times 360)$$

$$Q= 0.200 \text{ m}^3/\text{s} \text{ para cunetas.}$$

**Vado.**

$$\text{Área a drenar} = 7350 \text{ m}^2 = 0.735 \text{ Ha}$$

Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{0.01947 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$T_c = \frac{0.01947 \times 1050^{0.77}}{(0.035)^{0.3463475}}$$

$$T_c = 13.1807 \text{ min.}$$

$$I = \frac{6856.948}{(13.1807 + 33)^{1.021}}$$

$$I = 136.998 \text{ mm/h}$$

$$Q = CIA/360$$

$$Q = \frac{(0.7)(136.998 \text{ mm/h})(0.735 \text{ Ha})}{360}$$

$$Q = 0.196 \text{ m}^3/\text{s} \text{ para vado.}$$

## **2.5 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO:** Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, para un periodo de diseño de 15 años.

En este capítulo se busca reflejar mediante un análisis cuantitativo, los diversos impactos causados al ambiente mediante la etapa de construcción del proyecto. Aunque estos impactos no se pueden eliminar por completo, se pueden atenuar de tal manera que los efectos constructivos y post-constructivos sean mínimos.

### **2.5.1 Descripción actual ambiental y biótico.**

Las principales características ambientales del municipio y en específico de las áreas poblacionales cercanas a los sitios donde se construirá la obra se mencionan a continuación:

La mayor parte del área de estudio tiene entre 0 y 20% de pendiente, es decir se caracteriza por presentar un relieve plano.

**Aguas superficiales:** No se localizan ríos en el trazado del camino.

**Suelo:** En cuanto al uso potencial, según estudios realizados por INETER, el tipo de suelo son Mollisoles e Inceptisoles: que se caracterizan por ser suelos ricos en nutrientes y con profundidades de más de 40 cm de tierra fértil, son muy productivos y aptos para la agricultura.

**Medio Biótico:** En términos generales se puede decir que el lugar se caracteriza por ser una zona altamente productiva con un alto potencial para el ecoturismo.

Existe actualmente un ecosistema de gran importancia Nacional donde existen miles de especies tanto de flora como de fauna.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Uno de los beneficios sociales que brindara este proyecto es solventar la problemática que sufren los usuarios de dicha vía de transporte permitiéndoles ahorrar tiempo y evitando el deterioro de sus unidades de transporte provocado por el mal estado de dicha calle en estudio de tal forma que contribuya a mejorar la calidad de vida de la población aledaña a la zona, aunque si no se consideran todos los factores ambientales del medio este objetivo pudiera revertirse y causar un efecto adverso.

### **Tabla de calidad Ambiental del sitio sin considerar el proyecto:**

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Alteraciones Ambientales</b>		<b>Valoración de la calidad Ambiental</b>
	Efectos	Causas	
Clima	Erosión de Suelo	Falta de vegetación	Negativa
Falta de Sistema de Drenaje Pluvial	Formaciones de lodo putrefacto en grandes cantidades	Erosión de Suelos	Negativa

**Tabla II.5.1: Análisis de la calidad ambiental.**

**Fuente: NIC 2000**

En las construcciones horizontales en mayor o menor grado, afectan negativamente al medio ambiente al extenderse sobre terrenos de variadas características y condiciones, alterando ecosistemas y recursos naturales. Estos efectos se producen de varias maneras, entre ellas podemos citar:

- ✗ Alteración de los patrones de drenaje de la zona de emplazamiento.
- ✗ Concentración de escorrentía, erosión de suelos y sedimentación.
- ✗ Perturbación del hábitat de la flora y la fauna.
- ✗ Reubicación de asentamientos humanos y/o irrupción en la vida de las comunidades aledañas.
- ✗ Contaminación del aire, el suelo, el agua (ríos, lagos, agua freática, mares, etc.).

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por ley que quien planifica y financia las obras realice previamente un estudio de Impacto Ambiental.

De este último resultan obligaciones para el Emprendedor de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del Proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables. El Emprendedor del Proyecto traspasa estas obligaciones al Ejecutor de las obras, el Contratista, quien recibe compensación por realizar las obras viales y las obras de protección, provisionales y permanentes, para mitigar los daños.

La mitigación se hace de tres maneras:

- 1.- Ejecutar las obras viales atendiendo las normas a seguir en las operaciones constructivas.
- 2.- Construcción de obras de protección previstas en los planos.
- 3.- Construcción de obras provisionales y toma de medidas eventuales que permiten una ejecución de las obras viales evitando que fenómenos naturales como la lluvia, el viento, el fuego, afecten al medio ambiente y los recursos naturales.

#### **2.5.1.1 IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.**

Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles, y Puentes (NIC-2000), detallan la manera de construir las obras para la mitigación de impactos; en la siguiente tabla se muestran las especificaciones de los impactos negativos que se pueden generar mediante la construcción del proyecto **Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, para un periodo de diseño de 15 años.**

<b>IMPACTOS O ACCIONES DEL PROYECTO</b>	<b>FACTOR DEL MEDIO AFECTADO</b>	<b>EFEECTO DIRECTO</b>
<b>Limpieza</b>	Clima	Reduce la cubierta vegetal
	Calidad del aire	Pérdida de la humedad relativa por la disminución de la vegetación
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Mayor erosión por la pérdida de la cubierta vegetal
	Vegetación	Se reduce la vegetación por el obra y destronque
	Fauna	Se reduce el hábitat de las especies
	Paisaje	Se pierde vegetación que caracteriza la zona
<b>Movimiento de Tierra</b>	Calidad del aire	Origina polvo en suspensión
	Ruidos	Ruido ocasionado por la maquinaria
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Des consolida el estado natural del suelo
	Vegetación	Se pierde el área de vegetación en el área de movimiento de tierra
	Fauna	Se reduce el hábitat de la fauna
	Paisaje	Cambia el medio físico
	Transporte	Se afecta por excavaciones que atraviesan el camino
<b>Instalación de Tubería</b>	Ruidos	Ruido por ajetreo de la instalación
	Suelo	Introducción de material extraño al suelo
	Vegetación	Imposibilita la aparición de especies valiosas de vegetación
	Fauna	Traslado de micro especies a otro sitio
<b>Relleno</b>	Calidad del aire	Origina polvo en suspensión

IMPACTOS O ACCIONES DEL PROYECTO	FACTOR DEL MEDIO AFECTADO	EFEECTO DIRECTO
	Ruidos	Ruido propio de la actividad
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Des consolida el estado natural del suelo
	Vegetación	Pérdida momentánea de la vegetación
	Fauna	Traslado de micro especies a otro sitio
	Paisaje	Cambia el medio físico
	Transporte	Afecta el tráfico mientras se trabaja

**Tabla II.5.2: Impactos ambientales negativos para el proyecto**

**Fuente: Nic 2000**

### **2.5.2 PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las medidas de atenuación de impactos ambientales negativos más relevantes por la ejecución del proyecto: **Diseño y planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, para un periodo de diseño de 15 años.**

FACTOR DEL MEDIO	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Transporte	Causa atrasos e incomodidad al transporte a causa de los trabajos propios de la construcción.	Exigir al contratista el desvío necesario para no interrumpir el tráfico durante la ejecución del proyecto.
Hidrología Superficial	Aumento del caudal natural del agua de lluvia y aguas servidas que circulan debido al incremento del coeficiente de escorrentía superficial	Aplicación de la reglamentación de la disposición final de aguas servidas a las calles, educación pública.
Suelo	Erosión e infertilidad del suelo en la zona aledaña al Boulevard	Reforestar con especies gramíneas en la zona de la mediana del Boulevard.
Vegetación	Pérdida de la cubierta vegetal	Reforestar y proteger la zona de mayor deterioro de la cubierta vegetal.

**Tabla II.5.3: Medidas de mitigación contra el impacto ambiental negativo.**

**Fuente: Nic 2000**

En las medidas de atenuación se debe tener en cuenta que no se puede perjudicar a la población en el desempeño de sus actividades económicas, procurando que las operaciones de construcción no obstruyan el acceso de las viviendas, la infraestructura social o el sitio de trabajo de la comunidad. Cuando esto no se pueda evitar, el contratista deberá proveer accesos equivalentes o alternativos a los que existían.

En la Etapa de construcción se deben crear accesos alternativos a comunidades, reubicación de pequeños negocios próximos a la vía, reubicación de actividades en áreas aledañas. La alteración de la calidad del aire por las emisiones de los motores del equipo de construcción debe ser controlada mediante el buen funcionamiento mecánico de dichos motores. La alteración causada por el polvo se controlará mediante la aplicación de riegos de agua o de productos aprobados.



Para que los dispositivos de seguridad del tránsito prevengan efectivamente los accidentes, será indispensable advertir a los conductores y pobladores por medio de diversas señales preventivas y obligatorias que permitan disminuir al máximo los posibles accidentes tanto peatonales como vehiculares.

El Contratista tomará las siguientes provisiones que garanticen la seguridad del tráfico vehicular y peatonal:

- ✎ Colocar señales preventivas que alerten a los pobladores y conductores sobre el riesgo existente al acercarse al área de construcción.
- ✎ Establecer límites de velocidad en las cercanías de áreas habitadas.
- ✎ Colocar señales de desvío en los tramos donde estén trabajando las maquinas.
- ✎ Controlar el tráfico mediante señales, marcas y delineadores en la vía. Estos dispositivos serán adecuados a las características de cada tramo de trabajo.

Las medidas de seguridad que el contratista tiene que implementar, dependerá en gran medida de la presencia de postes, árboles, zanjas, taludes abruptos y barreras al lado de la vía. Además de controlar las señales, marcas, ubicación de intersecciones, arreglos para acceso a la vía, estacionamiento, y paradas de buses, provisiones para peatones, ciclistas y usuarios no motorizados.

- El impacto negativo que se presentara con más fuerza a la hora de la ejecución del proyecto sería el movimiento de tierra que afectaría a viviendas aledañas con más cercanía al proyecto a la hora de su ejecución dicho daño será debido al polvo. Esto será en caso de que la construcción se lleve a cabo en invierno lo cual es lo más adecuado.

- El principal impacto positivo que se presentara en la ejecución del proyecto en el medio ambiente sería el mejoramiento del drenaje superficial de la vía ya que las aguas residuales de las casas todas son vertidas a las calles y con esta obra todas serán depositadas sobre el drenaje de la vía evitando así charcas que conllevan a distintas enfermedades y propagación de vectores.

### Impacto ambiental

#### Etapas de la construcción:

##### Impactos Positivos

Impactos leves: 0

Impactos Medios: 2

Impactos Críticos: 2

##### Impactos Negativos

Impactos leves: 10

Impactos Medios: 12

Impactos Críticos: 05

#### Etapas de Operación:

##### Impactos Positivos

Impactos leves: 2

Impactos medios: 1

Impactos Críticos: 0

##### Impactos Negativos

Impactos leves: 1

Impactos medios: 3

Impactos Críticos: 0

## **CAPITULO III: DISEÑOS**

### **3.1 DISEÑO GEOMÉTRICO**

Comprende el diseño óptimo de la línea definitiva, la cual estará sujeta a las alineaciones vertical, horizontal y al derecho de vía, además del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.

#### **3.1.1 NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES\***

La conformación y aprobación de la red de carreteras y/o vías nacionales lleva la implícita necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.

**En todo diseño de pavimento se debe tener en consideración los siguientes aspectos.**

- 1.- Ninguna norma debe sustituir el buen criterio y juicio explícito del diseñador.
- 2.- El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser rechazado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan uniformemente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.
- 3.- Las normas de diseño no deben ser una camisa de fuerza, únicamente deben ser utilizadas como una guía sólida y técnicamente aceptable sobre las soluciones más deseables para el diseño geométrico.
- 4.- El buen funcionamiento de la red vial es crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socio - económicas.
- 5.- El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, evitar los cambios considerables en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.

---

\* Manual Centroamericano, Normas para el diseño geométricos de las carreteras regionales.

- 6.- En el diseño debe presentarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y motociclistas que circulan por la carretera.
- 7.- En el diseño del pavimento de las carreteras es esencial facilitar la efectiva interacción entre la superficie de rodamiento y las llantas de los vehículos para el control y el frenado de los mismos.

### **3.1.2 NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES UTILIZADAS EN EL DISEÑO DEL PROYECTO.**

Para obtener las condiciones adecuada en el diseño a realizar se tomará en consideración los siguientes aspectos:

- Tipo de área: Urbano
- Condiciones de terreno: Plano
- Volumen de tránsito \*
- Condiciones ambientales
- Consistencias en el diseño de carreteras similares.
- Velocidad de diseño : 50 KPH

En la etapa de construcción del presente proyecto, no se necesitará abrir camino ya que este existe, además, considerando las viviendas edificadas en el tramo de estudio, nuestro trabajo consiste primeramente en replantear (redefinir geométricamente) el alineamiento tanto vertical como horizontal que más se adapte al camino existente.

El desarrollo de una calle urbana está influenciado por el tráfico vehicular, peatonal o semoviente, la topografía, uso de la tierra, costo de construcción y mantenimiento, diseño de intersecciones o futuras ampliaciones. Los criterios básicos a considerarse en el diseño de la vía son: Los anchos y el número de carriles requeridos, el diseño de ambos depende del tipo y tamaño de los vehículos (composición vehicular), Volúmenes

---

\* Véase pág. 65

de tránsito, velocidad de diseño y niveles de servicio requeridos. La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera y por consiguiente la determinación del ancho óptimo de los componentes de la sección transversal típica es para un *período de diseño de 15 años*.

**3.1.2.1 Ancho de Carril:** La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con tres metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada.

**3.1.2.2 Distancia de Visibilidad:** Es la longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son:

- 1.- Distancia de visibilidad de parada.
- 2.- Distancia de visibilidad de rebase
- 3.- Distancia de visibilidad en intersecciones.

**3.1.2.3 Distancia de visibilidad de parada\*** es la distancia mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera. Esta debe ser provista continuamente en toda la vía. Los camiones usualmente requieren distancias de visibilidad de parada más largas para una velocidad dada que los vehículos de pasajeros pero debido a la mayor altura del ojo y bajas velocidades de los camiones, la misma distancia es aplicable.

---

\* Ver anexos Tabla A - 4

**3.1.2.4 Distancia de visibilidad en curvas horizontales:** Para uso general en el diseño de una curva horizontal la línea de visibilidad es una cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada aplicable es medida a lo largo de la línea central de la curva del carril interno. Se aplica cuando la longitud de las curvas circulares es mayor que la distancia de visibilidad de parada para la velocidad de diseño en consideración; en este caso la distancia de visibilidad es mayor que las longitudes de curvas horizontales.

**3.1.2.5 Criterios para el diseño del alineamiento vertical.**

- En pendientes largas es preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final.
- Evitar el efecto de montaña rusa que ocurre en alineamientos relativamente rectos.
- En la pendiente se opera al nivel de servicio E o F, o sea a plena capacidad o cercana a ella.
- Es preferible una rasante con cambios graduales a una línea con numerosos quiebres.
- En las subidas es preferible emplear las pendientes fuertes abajo, disminuyéndolas en la parte superior.
- Ajustar la línea de rasante de acuerdo con los controles de diseño (pendientes máximas y mínimas, etc.).
- Se considera que la elevación de la rasante no sobrepase el nivel o elevación de las aceras de las propiedades adyacentes, altura o rasante del puente y alcantarillas obteniendo así una buena coordinación entre planimetría y altimetría.

**3.1.2.6 Alineamiento Horizontal y Vertical:** El alineamiento horizontal y vertical no debe ser diseñado independientemente. En áreas residenciales el alineamiento debe ser diseñado para minimizar molestias a la población. El diseño óptimo será aquel que conjugue la curvatura y la rasante, ofreciendo seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación y apariencia placentera entre los límites de terreno y áreas de recorrido.

**3.1.2.7 Niveles de Servicio:** Los diseñadores deben seleccionar el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto que se propone desarrollar y no suponer irrealidades absurdas que, más bien conllevan a errores. La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño, debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. La AASHTO ha determinado una manera para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.

Tipo de Carretera	Tipo de área y nivel de servicio			
	Rural plano	Rural ondulado	Rural montañoso	Urbano-suburbano
Autopista especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

**Tabla III.1.1: Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera.**

**Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets, 1994**



### **3.2 CURVAS HORIZONTALES.**

**3.2.1 Alineamiento Horizontal:** Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona de la carretera. Los elementos que conforman el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

**3.2.2 Rasante:** Es el término usado para designar la posición vertical de la superficie del camino en relación a la superficie del terreno. La localización final de la rasante está afectada por la topografía, así, en terrenos planos la mayor consideración para el establecimiento de la rasante es usualmente el drenaje.

**3.2.3 Bombeo:** Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera.

**3.2.4 Peralte o sobre elevación:** Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales. Existen valores de la sobre elevación que se consideran como valores máximos, los cuales dependen del tipo de tránsito y de las condiciones climáticas.

<b>PERALTE MÁXIMO*</b> <b>E<sub>MAX</sub></b>	<b>CUANDO USARLO</b>
12 %	Cuando no existan heladas ni nevadas y la cantidad de Vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínima.
10 %	No hay nieve o hielo, pero con un gran porcentaje de vehículos pesados.
8 %	En zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes.
6 %	En zonas urbanas.

**Tabla III.2.1: Peralte Máximo**

**Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets, 1994**

---

\* SIECA, pág. 4-36

El peralte máximo de diseño para este proyecto es del 6%, ya que se está trabajando con calles urbanas.

**3.2.5 Curvas horizontales continuas:** Dos curvas horizontales continuas pueden presentarse de la siguiente manera:

- En curvas inversas.
- Lomo roto.

La primera está compuesta por dos curvas en sentido contrario contiguas y con tangente común en el punto de unión. La distancia mínima entre ambas curvas debe ser igual a la suma de las transiciones de ambas curvas. El segundo caso es cuando dos curvas consecutivas giran en el mismo sentido, pero que deben estar separadas por al menos una tangente de 500m.

En este proyecto se presenta el caso de curvas horizontales en lomo roto, estas están ubicadas en el tramo 1 cuya tangente de separación mide alrededor de 290m indicando un lomo roto corto, en otras palabras no cumple con este criterio. Este problema no se puede corregir puesto que las calles ya están delimitadas y con construcciones habitacionales en su alrededor, lo que se puede ajustar es la velocidad de diseño, eligiendo una velocidad segura para tomar estas curvas.

### **3.2.6 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA HORIZONTAL.**

#### **3.2.6.1 Puntos notables.**

PI: Es el punto donde se interceptan las dos tangentes horizontales.

PC: Es el punto de tangencia entre la tangente horizontal y la curva al comienzo de esta.

PT: Es el punto de tangencia entre la tangente y la curva al final de esta.

PM: Punto medio de la curva horizontal.

PSC: Indica un punto sobre la curva.

### **3.2.6.2 Puntos geométricos.**

R: Es el radio de la circunferencia en la que la curva es un segmento de esta, de ahí que la curva horizontal es una *curva circular*.

T: Tangente de la curva, es el segmento de recta que existe entre el PI y el PC y también entre PI y PT.

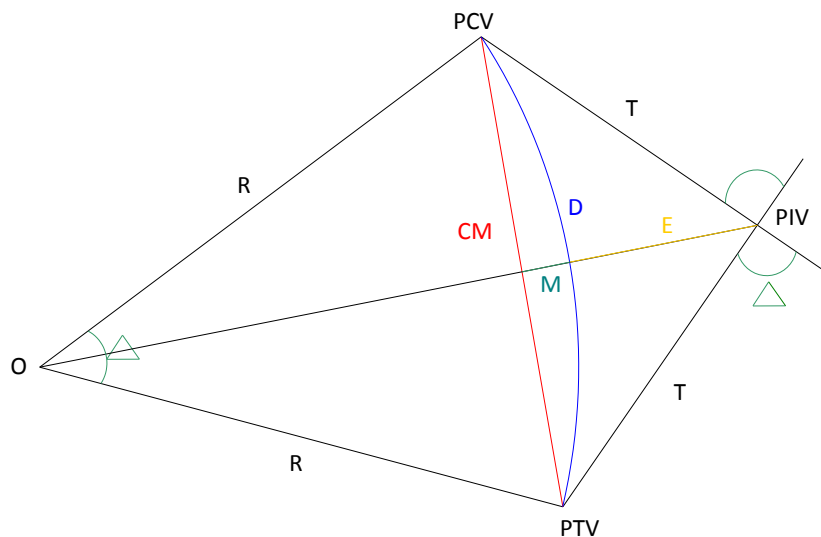
CM: Cuerda Máxima, es el segmento de recta que une al PC con el PT.

LC: Longitud del arco comprendido entre PC y el PT. Se conoce también como desarrollo (D).

M: Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

E: Distancia desde el centro de la curva al punto de Inflexión.

$\Delta$ : Ángulo de inflexión o de deflexión formado por las tangentes al Interceptarse en el PI.



**Figura III.1: Elementos geométricos de una curva horizontal**

### 3.2.7 ECUACIONES.

#### Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal.

Radio: Está determinado según los datos que se tengan y la aplicación de las Ecuaciones del resto de los elementos geométricos.

$$\text{Tangente} \quad T_c = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (3.1)$$

$$\text{Cuerda Máxima} \quad CM = 2R \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (3.2)$$

$$\text{Externa} \quad E_c = R \left( \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right) \quad (3.3)$$

$$\text{Mediana} \quad M = R \left( 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right) \quad (3.4)$$

$$\text{Desarrollo} \quad D_c = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ} \quad (3.5)$$

Antes de calcular el radio de la curva circular simple, debe establecerse primero un valor mínimo con el que el diseñador se guía, este valor consiste en el radio mínimo que evita el deslizamiento del vehículo viajando a la velocidad de diseño. Este valor está

dado por:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127.14(e_{\max} + f)} \quad (3.6)$$

Una vez definido el radio mínimo se puede calcular el radio de la curva circular y verificar que:

$$R_{\min} \leq R$$

Los valores de  $f$  varían según la velocidad, las condiciones de los neumáticos y el estado de la superficie de rodamiento de la carretera. La AASHTO recomienda los siguientes valores para  $f$ :

V (KPH)	50	65	80	110	115
f	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12

Tabla III.2.2: Valores de  $f$  en función de la Velocidad de diseño.

Fuente: Manual SIECA

### **3.2.8 CRITERIOS PARA PROYECTAR CURVAS CIRCULARES EN EL CAMPO.**

Existen dos maneras de proyectar las curvas horizontales:

- 1.- Consiste en trazar la curva que mejor se adapte al terreno y posteriormente se calcula el grado de curvatura con su radio respectivo.
- 2.- Consiste en emplear curvas de determinados grados y calcular los demás elementos de ellos, siendo este último uno de los más recomendados, debido a la facilidad de cálculos y al cómodo trazado en el terreno.

La experiencia ha demostrado, que existen otras formas adecuadas para trazar una curva circular en el terreno. Algunas veces estarán en función de la EXTERNA y otras en función de la TANGENTE, que es el caso que se presenta en este trabajo. En general, se deberá trazar las curvas con el mayor radio posible para lograr mejor visibilidad y reducir la longitud del trazado de la vía.

**3.2.8.1 Grado máximo de curvatura ( $G_{\max}$ ):** Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño y se define

según la siguiente expresión: 
$$G_{\max} = \frac{145692.26(e_{\max} + f)}{V^2} \quad (3.7)$$

Donde:

$e_{\max}$  : Es el peralte máximo en decimal.

$f$ : Representa el coeficiente de fricción lateral.

$V$ : Es la velocidad de diseño.

**3.2.8.2 Grado de curvatura ( $G$ ):** La longitud de una circunferencia es  $2\pi R$ , para un ángulo central de  $360^\circ$ , si el arco es de 20m, el ángulo central es el valor que adopta  $G$ , en otras palabras el grado de curvatura es el ángulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

### 3.2.8.3 Relaciones fundamentales del grado de curvatura.

$$\text{Relación } G - R \quad G = \frac{1145.92}{R} \quad (3.7)$$

$$\text{Relación } G - D_c \quad G = \frac{20\Delta}{D_c} \quad (3.8)$$

### 3.2.8.4 Condiciones que debe cumplir G.

$$G \leq G_{max}$$

$G = \frac{20\Delta}{D_c}$  Para  $\Delta > 5^\circ$ , “Dc” se calcula mediante la ecuación (2.5), si  $\Delta \leq 5^\circ$ , el valor “Dc” se toma de la tabla siguiente.

$\Delta$	5	4	3	2	1
Dc	150	180	210	240	270

Tabla III.2.3: Valores de DC con respecto a  $\Delta$

Fuente: Folleto de Transporte, Diseño Geométrico Unidad II

### 3.2.9 Tipos de curvas horizontales.

Las curvas horizontales suelen presentarse en tres casos diferentes, aunque aquí sólo se mencionará en detalle el caso que se presenta en este proyecto. Como ejemplo podemos citar una curva que debe pasar por un *punto obligado*, en el otro el *PI* es *inaccesible*, hay casos en el que se debe trazar una *curva compuesta*. Todos estos casos tienen su mecanismo de trazado y se basa en el caso más sencillo que se puede presentar, una *curva horizontal simple*.

### **3.2.10 Curvas de transición.**

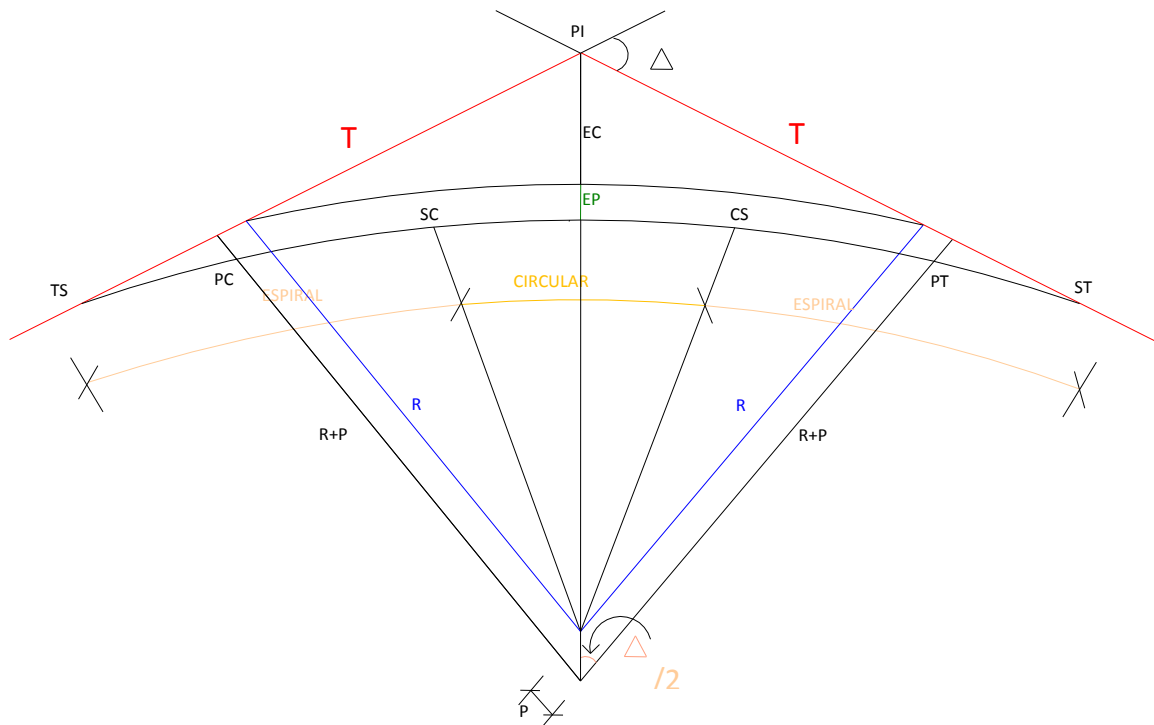
Sirven para pasar, de manera gradual, de un tramo en tangente a otro en la curva circular. De tal modo que el cambio de curvatura sea suave y que el peralte en todos los casos esté de acuerdo con el grado de curvatura. Un parámetro que determina el diseño de curvas de transición es el Radio y la Velocidad de diseño, ya que cuanto menor sea el radio de la curva circular y mayor la velocidad de diseño, mayor es la necesidad de hacer uso de estas. Por otro lado, si el radio supera los 1500m, no es necesario diseñar curvas de transición\* tampoco son necesarias en calles urbanas, esto se debe a las distancias cortas, a la cantidad de intersecciones y al derecho de vía, sin embargo se utilizan para proporcionar el cambio del bombeo al peralte.

### **3.2.11 ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.**

---

\* SIECA 4-45

PI	Puntos de intersección entre las tangentes.	Tp	Proyección de la ordenada P, en la tangente.
TS	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.	M	Abscisa del PC desplazado, referido al TS.
CS	Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral.	P	Ordenada desde la tangente inicial al PC del círculo desplazado.
SC	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular.	D	Desarrollo o longitud de la curva.
ST	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.	Dc	Desarrollo de la curva circular.
PM	Punto medio de la curva.	E	Externa o distancia sobre la bisectriz del ángulo central del PI al PM.
$\Delta$	Punto de deflexión de la tangente.	Ec	Externa de la curva circular.
R	Radio de la Curva circular.	Ep	Proyección del desplazamiento de la curva circular sobre la externa.
$L_T$	Longitud de la curva de transición.		
LC	Longitud de la curva circular.		
T	Distancia total de la tangente.		
Tc	Tangente de la curva circular.		



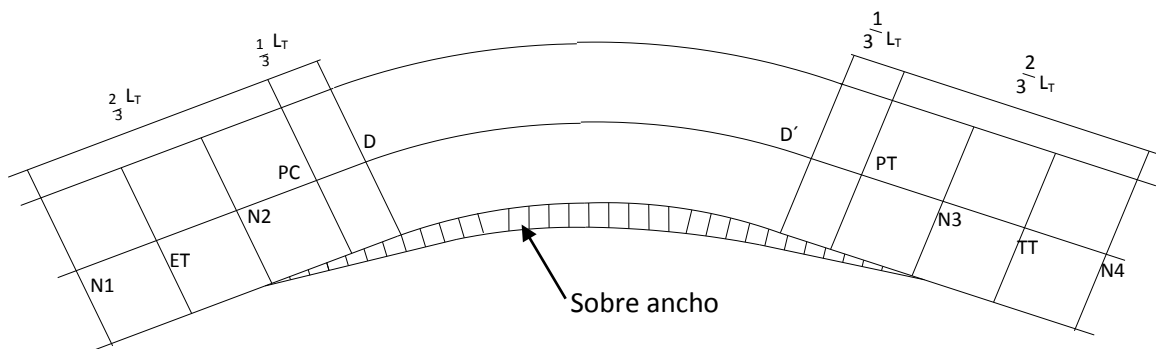
**Figura III. 2: Elementos de la curva de transición.**



### 3.2.12 Diseño de la curva de transición.

Dentro del diseño de la curva de transición se incluyen la sobre elevación (peralte) y el sobre ancho.

**3.2.13 Sobre ancho:** Es el ancho que se adiciona en el extremo interior de la calzada en una curva horizontal, la cual facilita a los conductores mantenerse dentro de su vía. Una de las razones por la cual se hace necesario diseñar el sobre ancho, es que las ruedas traseras de un vehículo describe una trayectoria más corta que las delanteras cuando se recorre una curva.



**Figura III.3: Curva de transición.**

### **3.2.14 Cálculo del sobre ancho de diseño.**

Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - Lc^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (3.9)$$

Donde:

$n$       Números de carriles.

$R$       Radio de la curva.

$Ld$      Distancia entre los ejes más distantes del vehículo de diseño (C3)

$V$       Velocidad de diseño (KPH)

Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60cm\*, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m ó más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300m.

### **3.2.15 Transición del bombeo a la sobre elevación.**

Es el procedimiento de cambio de la pendiente de la corona desde el bombeo hasta la sobre elevación, al pasar de una tangente horizontal a una curva, este cambio se hace gradualmente desde antes de entrar a la curva. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de las curvas hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede en sobre elevación completa. Aunque existen tres procedimientos para realizar la transición del bombeo al peralte, aquí sólo se menciona el que se utilizará en el diseño.

### **3.2.16 Desarrollo del peralte por el borde interior.**

Es el segundo método más usado sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente longitudinal uniforme; también disminuye el Volumen de excavación por elevarse el resto de la calzada con respecto al borde interior. El borde interior es la línea base alrededor de la cual va girando la

---

\* SIECA pág. 4 - 50

sección transversal de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria (peralte). El peralte, puede desarrollarse en  $\frac{2}{3}$  sobre la tangente y  $\frac{1}{3}$  dentro de la curva, manteniéndose en su mayor valor hasta reducirse nuevamente.\*

### 3.2.17 Peralte de diseño

Este está dado por la siguiente expresión: 
$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G \quad (3.10)$$

Para calcular el *Desarrollo del peralte* en cualquier punto X de la transición se tiene:

$$e_x = \frac{e}{L_T} (Est.X - Est.ET) \quad (3.11)$$

Para calcular el *Desarrollo del sobre ancho* en cualquier punto X se tiene:

$$Sa_x = \frac{Sa}{L_T} (Est.X - Est.ET) \quad (3.12)$$

Donde:

$e_{\max}$  Peralte máximo.

$G_{\max}$  Grado de curvatura máxima.

$G$  Grado de curvatura.

$Sa$  Sobre ancho de diseño.

$L_T$  Longitud de la curva de transición.

$Est.X$  Estación de un punto X ubicado en el tramo comprendido entre los puntos ET y D.

$$Est.ET = Est. PC - \frac{2}{3} L_T \quad (3.13)$$

### 3.2.18 Transición del bombeo (Valor “N”)

**Normas nicaragüenses** 
$$N = \frac{L_T \times b}{e} \quad (3.14)$$

**ASSHTO** 
$$N = a \times b \times m \quad (3.15)$$

---

\* SIECA pág. 4 - 53

Donde:

- $b$  Es el valor en decimal del bombeo.
- $a$  Es el semi ancho de la calzada.
- $m$  Se calcula mediante la ecuación (3.12)

### 3.2.19 LONGITUD MÍNIMA DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.

Según la AASHTO la longitud mínima de una curva de transición\* debe ir acorde con el aspecto estético, su método consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobre elevación correspondiente a la curva circular. En base a lo anterior la AASHTO determinó la siguiente ecuación:  $L_T \min = m \times a \times e$  (3. 16)

Donde:

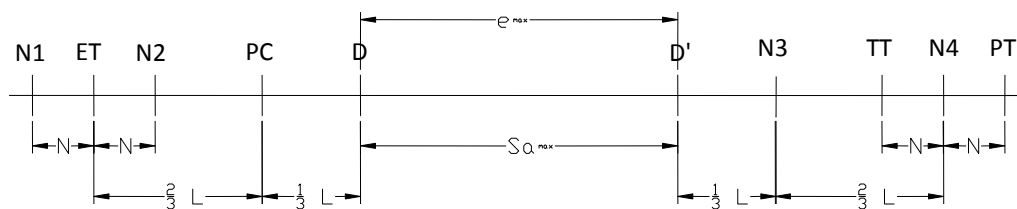
$L_T \min$ . Es la longitud de la curva de transición

$m$  Está dado por:  $m = 1.5625V + 75$  (3. 17)

$a$  Es el semi ancho de la calzada en tangente.

$e$  Es el peralte de la curva circular en decimales.

Para la longitud de diseño ( $L_T$ ) de la curva de transición se deberá redondear a un número mayor múltiplo de 20m.




---

\* Véase anexos tabla A - 1

### 3.2.20 CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.

$$\text{Tangente} \quad T = Tp + Tc + mt \quad (3.18)$$

Donde:

Tc: Es la tangente de la curva circular simple.

$$Tp = p \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (3.19)$$

$$p = \frac{L_T^2}{24R} \left( 1 - \frac{L_T^2}{112R^2} + \frac{L_T^4}{21120R^4} \right) \quad (3.20)$$

$$m_t = \frac{L_T}{2} \left( 1 - \frac{L_T^2}{120R^2} + \frac{L_T^4}{17280R^4} \right) \quad (3.21)$$

$$\text{Desarrollo} \quad D = Dc + LT. \quad (3.22)$$

Donde:

Dc: Es el desarrollo de la curva circular simple.

L<sub>T</sub>: Es la longitud de la curva de transición.

$$\text{Externa} \quad E = Ec + Ep \quad (3.23)$$

Donde:

Ec: es la externa de la curva circular.

$$Ep = p \times \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (3.24)$$

### **3.2.21 REPLANTEO DE CURVAS HORIZONTALES.**

Al replantear una curva circular la distancia a medir tiene que hacerse sobre la curva (desarrollo), técnicamente no es posible realizar la medición sobre ésta; es por ello que en vez de medir segmentos de arco, se miden *segmentos de cuerda*. Al medir sobre la curva existe una diferencia de longitud entre el arco y la cuerda que lo subtiende, lo que implica una diferencia entre la longitud calculada de la curva y la longitud del trazo de la curva, ésta diferencia puede disminuirse, haciendo que la longitud de la cuerda sea sensiblemente igual a la longitud del arco, esto se logra ejecutando la *operación corte de cadena*.

**3.2.21.1 Longitud de la cuerda para el replanteo:** La longitud necesaria para replantear una curva horizontal está en dependencia del radio y del grado de curvatura. Aunque ya hay valores establecidos para determinados grados de curvatura\*, se

utilizará la ecuación siguiente:  $C = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{G}{2}\right)$  (3. 25)

Donde:

$R$  Radio de la curva en metros

$G$  Grado de curvatura de la curva.

**3.2.21.2 Ángulos de deflexión:** La localización de las curvas circulares en el terreno se hace generalmente por medio de ángulos de deflexión y cuerdas, dichos ángulos son los que forman con la tangente cada una de las cuerdas que salen del PC a los diversos puntos donde se van a colocar estacas, que son puntos de abscisas múltiplos de 20m.

Tales ángulos se representan por el símbolo  $\delta$ :  $\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60}$  (3. 26)

---

\* Ver anexo Tabla A - 3

Donde:

- $\delta$  Es el ángulo de deflexión.  
 $G_c$  Grado de curvatura.  
 $l$  Longitud de arco de la sub-cuerda.

El valor de cada ángulo de deflexión es la mitad del ángulo central que intercepta el mismo arco, puesto que es un ángulo de los llamados semi-inscritos en Geometría. El

ángulo de deflexión total para la curva será:  $\delta = \frac{\Delta}{2} = 18^{\circ}06'10.00''$  (3. 27)

### **3.3 CURVAS VERTICALES.**

Son las que se utilizan para servir de acuerdo entre la rasante de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales.

Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así:  $\|P_2 - P_1\| \leq 0.5\%$

La longitud de una curva vertical es su proyección horizontal. Se caracterizan por proporcionar un camino seguro, confortable y por permitir el drenaje adecuado a la vía.

#### **3.3.1 LONGITUD CRÍTICA DE UNA TANGENTE VERTICAL.**

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

**3.3.1.1 Alineamiento Vertical:** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. Al trazado en perfil del eje de la sub corona se le llama línea sub rasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son: las tangentes y las curvas.

**3.3.1.2 Tangente vertical:** Se caracterizan por su longitud y sus pendientes. Se miden horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel o la distancia entre dos puntos de la misma.

**3.3.1.3 Pendiente:** La pendiente influye sobre el costo del transporte, por ejemplo en una curva vertical muy inclinada los usuarios tienen mayores dificultades en su recorrido y además disminuye la capacidad de la vía y más aún cuando hay un alto porcentaje de camiones. Al disminuir las pendientes, aumentan los volúmenes de excavación y por ende también los costos de construcción.

**3.3.1.4 Pendiente máxima:** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad del diseño.

TIPO DE TERRENO *	POR CIENTO DE PENDIENTE MÁXIMA PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE DISEÑO, EN KPH.						
	50	60	70	80	90	100	110
LLANO	6	5	4	4	3	3	3
ONDULADO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

**Tabla III.3.1: Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño.**

---

\* Véase en Anexo [Tabla A-2](#)



**Fuente: ITE, Geometric Design and Operational Considerations for Trucks, 1992.**

**3.3.1.5 Pendiente mínima:** Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como mínimo una pendiente de 0.5%\*, la línea de fondo de las cunetas deberá tener la misma pendiente que la sub rasante de la vía.

**3.3.1.6 Pendiente gobernadora:** Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea sub rasante para dominar un desnivel determinado, en función de la característica del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

**3.3.1.7 Tipos de curvas verticales.** Pueden ser cóncavas hacia abajo, las cuales se denominan *Curvas en columpio*, o cóncavas hacia arriba, a las que se les llama *Curvas en Cresta*. Para determinar si una curva vertical está en columpio o en cresta se calcula la diferencia algebraica de las pendientes, este resultado se representa con la letra A.

$$A = P_d - P_i \quad (3.28).$$

Si  $A < 0$  se trata de una curva en cresta

Si  $A > 0$  se trata de una curva en columpio

Desde otro punto de vista, las curvas verticales pueden ser simétricas o asimétricas, las primeras son las que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de las pendientes, es decir, las proyecciones horizontales son iguales. Las curvas verticales asimétricas disponen de proyecciones horizontales distintas, tal es el caso presentado en este proyecto.

---

\* Nic 2000, pág 644.

### **3.3.2 LONGITUD DE CURVAS VERTICALES.**

Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño. En el diseño de carreteras los criterios determinantes son la visibilidad y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene un aspecto más agradable que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendientes y longitudes de rampas cortas. Aún con todo esto, la longitud de la curva vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente.

En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(f_l - P_m)} \quad (3. 29)$$

Donde:

$D_p$ : Distancia de parada o frenado.

$V$ : Velocidad de diseño

$t$ : Tiempo de reacción (2.5seg)

$f_l$ : Coeficiente de fricción longitudinal.

$P_m$ : Representa la pendiente de mayor inclinación en valor absoluto.

Aunque existen otros criterios para el cálculo de la longitud de una curva vertical, aquí se utilizará solamente el *criterio de seguridad*, este criterio exige que la longitud de la curva deba ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que

la de parada. De modo que: 
$$L = \frac{A \times D_p^2}{120 + 3.5D_p} \quad (3. 30)$$

Donde:

L: Longitud de la curva vertical

A: Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento

$D_p$ : Distancia de parada.

La AASHTO para satisfacer las necesidades mínimas de parada, comodidad y aspecto, recomienda un valor de L no menor de  $K \cdot A$ , donde A es la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento y los valores de K, para obtener L en metros, son los siguientes:

Velocidad (KPH)		50	65	80	95	110
Valor mínimo de K para curvas verticales	Curvas en cresta	9	15	24	46	73
	Curvas en columpio	11	15	21	43	30

**Tabla III.3.2: Valores de K para el cálculo de L.**

**Fuente: AASHTO**

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dado por:

$$L = K \times A \quad (3.32)$$

### **3.3.3 ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.**

ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.

PCV: Punto de comienzo de la curva vertical

PTV: Punto de terminación de la curva vertical

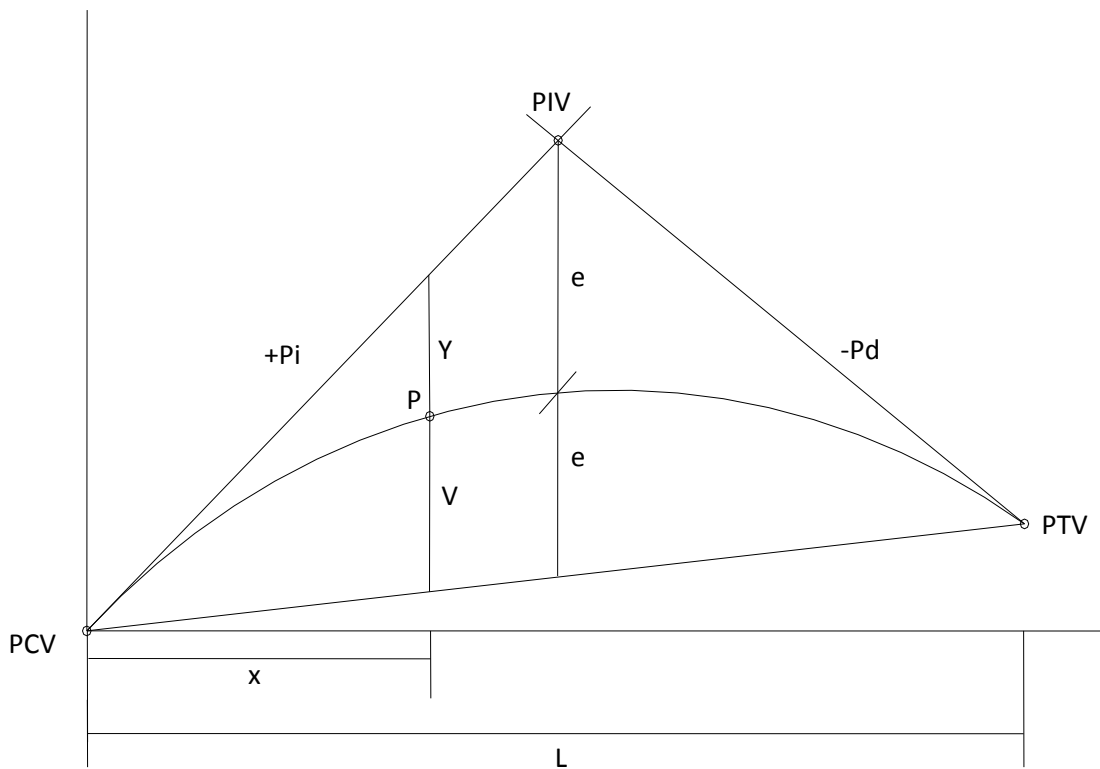
PIV: Punto de intercesión vertical de las tangentes

$P_i, P_d$ : Pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente

$L_i, L_d$ : Longitudes de la rama izquierda y derecha respectivamente.

L: Longitud total de la curva vertical ( $L_i + L_d$ )

- V: Ordenada a un punto P de la curva vertical.
- Y: Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente a un punto P de la curva.
- e: Ordenada vertical desde el vértice a la curva.
- x: Distancia del PV a un punto P de la curva.



**Figura III.4: Elementos de una curva vertical.**

### 3.3.4 ECUACIONES

#### Cálculo de los valores de los elementos de la curva vertical.

$$\text{Ordenada vertical} \quad e = \frac{(P_d - P_i)}{2L} \times L_i L_d \quad (3.31)$$

**Rama izquierda**

**Rama derecha**

Ordenadas

$$V_i = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_d}{L_i} \times x_i^2 \quad V_d = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_i}{L_d} \times x_d^2 \quad (3.32)$$

Elevación sobre la tangente

$$E_{s/t} = EPCV + P_i x_i \quad E_{s/t} = EPTV + P_d x_d \quad (3.33)$$

Elevación sobre la curva.

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i \quad E_{s/c} = E_{s/t} + V_d \quad (3.34)$$

Ubicación del punto más alto

$$X_{PAi} = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \quad X_{PA d} = \left\| \frac{P_d L_d^2}{2e} \right\| \quad (3.35)$$

Si  $X_{PAi} > L_i$  entonces el

Punto más alto está en

$L_d$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_i$

Si  $X_{PA d} > L_d$  entonces el

Punto más alto está en

$L_i$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_d$

### 3.4 MEMORIA DE CÁLCULO.

#### Consideraciones a tomar.

Para seleccionar el radio ha considerado la topografía del terreno, también se han respetado los linderos de las propiedades privadas aledañas. Para elaborar el diseño se consideró un peralte máximo de 6% por ser una zona urbana (SIECA) y una pendiente transversal (bombeo) de 2.5%. El valor de  $f$  se determinó mediante la interpolación de los datos de la tabla III.3.

### 3.5 DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

#### 3.5.1 Curva Horizontal 1

Peralte máximo:	$e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$
Coeficiente de fricción lateral:	$f = 0.16$
Long. Tangente considerada:	$T_c = 23.104\text{m}$
Ángulo de deflexión:	$\Delta = 15^\circ 38' 31''$
Velocidad de diseño:	$V = 50\text{KPH}$

#### 1.- Cálculo del radio mínimo.

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127.14(e_{\max} + f)} = \frac{50^2}{127.14(0.06 + 0.16)} = 89.379\text{m}$$

$$R_{\min} = 89.379\text{m}$$

#### 2.- Cálculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{\max} = \frac{145692.26(e_{\max} + f)}{V^2} = 12.821$$

#### 3.- Cálculo del radio de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$R = \frac{23.104}{\tan\frac{15^\circ 38' 31''}{2}} \quad R = 152.20\text{m}$$

$$R_{\min} = 89.379\text{m} \leq R = 152.20\text{m}$$

Como se puede observar en el cálculo se *cumple* la condición  $R_{\min} \leq R$ .

#### 4.- Cálculo del grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R} = 1145.92 / (152.20) = 7.529 = 7^\circ 31' 45''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G_{\max} \geq G; \quad 12^\circ 49' 15.6'' \geq 7^\circ 31' 45''; \quad \text{cumple}$$

## **5.- Calculo de los elementos de la curva.**

### **Externa**

$$E=R (\sec (\Delta/2)-1)$$

$$E=152.20(\sec (15^{\circ}38'31''/2)-1)$$

$$E= 1.43\text{m}$$

### **Tangente considerada**

$$T_c= R\tan(\Delta/2)=(152.20)\tan(15^{\circ}38'31''/2)= 23.104\text{m}$$

### **Cuerda máxima**

$$CM=2R\sin(\Delta/2)=2(152.20)\sin(15^{\circ}38'31''/2)$$

$$CM= 41.42\text{m}$$

### **Mediana**

$$M= R(1-\cos(\Delta/2))=152.20(1-\cos(15^{\circ}38'31''/2))= 1.42\text{m}$$

### **Longitud de curvatura**

$$D=\frac{20\Delta}{G_c}=\frac{20(15^{\circ}38'31'')}{(7.529)}= 41.55\text{m}$$

## CURVA DE TRANSICIÓN.

En páginas anteriores se explicó que las curvas de transición no se diseñan cuando se trata de calles urbanas, pero se tiene que calcular el valor “N” para proporcionar el peralte de diseño, de manera que se calcularan los datos necesarios para diseñar el peralte y el valor de “N”. Para el diseño de la curva de transición se requiere de los siguientes datos:

Semiancho de la calzada:  $a = 3.50\text{m}$

Distancia entre los ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3):  $Ld = 6.10\text{m}$

Estación del PI: Est. PI = 0 + 340

Tangente de la curva simple:  $Tc = 23.104\text{m}$

## **6.- Calculo del peralte**

$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G$$

$$e = \frac{0.06}{(12^{\circ}49'15'')^2} (2(12.821) - (7.529))(7.529)$$

$$e = 0.049 = 4.97 \%$$

## **7.- Calculo del sobre ancho**

$n$  = número de carriles

$Ld$  = distancia entre los ejes = 6.10m

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 + Ld^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$Sa = 2(152.2 - \sqrt{152.2^2 + 6.10^2}) + \frac{50}{10\sqrt{152.2}} \quad Sa = 0.65$$



Dado que  $S_a = 0.65m \geq 0.60m$ , entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.50m, por tanto solo se dejará indicado.

#### **8.- Longitud mínima de espiral $L_{min}$**

$$m = 1.5625V + 75 = 1.5625(50) + 75$$

$$m = 153.125m$$

$$L_{min} = (m)(a)(e) = (153.125)(3.5)(0.049) = 26.30 \text{ Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir: } L_T = 40m.$$

$$DC = \pi R \Delta / 180$$

Desarrollo de la curva

$$DC = \pi(152.2)(15^\circ 38' 31'') / 180 \quad D = 41.55m$$

#### **9.- Calculo de la distancia N o transición de bombeo**

$$N = (a)(b)(m) = (3.5)(0.025)(153.125) = 13.4m$$

#### **10.- Estacionamientos para el peralte**

$$EST.PI = 0+340$$

$$EST.PC = EST.PI - T_c$$

$$EST.PC = 0+340 - 20.90 = 0+319.10$$

$$EST.PT = EST.PC + DC$$

$$EST.PT = 319.10 + 41.55 = 0+360.70$$

$$EST.N = EST.PC - (2/3)L_t + N = (319.10) - ((2/3)(40)) + 13.40$$

$$EST.N = 0+279.0$$

$$EST.ET = EST.PC - (2/3)(L_T) = (319.10) - (2/3)(40) = 0+292.40$$

$$EST.N_2 = EST.ET + N = 292.40 + 13.40 = 0+305.80$$

$$EST.D=EST.PC+(1/3)(LT)=319.10+(1/3)(40)=0+332.4$$

$$EST.D'=EST.PT-(1/3)(LT)=360.70-(40)/3=0+347.40$$

Comprobación:

$$EST.D'-EST.D \geq D_c/3$$

$$(0+347.40)-(0+332.40) \geq (41.55)/3$$

$$15.00 \geq 13.85$$

$$EST.N3=EST.PT+((2/3)(LT)-N)=360.70+((2/3)(40)-(13.40))=0+373.96$$

$$EST.TT=EST.N3+N=(373.96)+(13.398)=0+387.40$$

$$EST.N4=EST.TT+N=387.40+13.4$$

$$EST.N4=0+400.80$$

## 11.- REPLANTEO DE LA CURVA

La longitud de cuerda máxima correspondiente es de 10m dado que el grado de curvatura está entre 6° y 15° teniendo en cuenta lo que señala la tabla A- 3.

$$PC= 0+319.10$$

$$PT=0+360.70$$

La diferencia entre ambos estacionamientos la dejamos a LC=10m

Utilizaremos la ecuación

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60}$$

l= longitud del arco de sub-corona

Gc = grado de curvatura

$$1) \delta = \frac{1.5(7^\circ 31.45' 7.5'')(0)}{60} = 0.00$$

$$2) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(0.90)}{60} = 0^{\circ} 10' 9.86''$$

$$3) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(10)}{60} = 1^{\circ} 52' 56''$$

$$4) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(10)}{60} = 1^{\circ} 52' 56''$$

$$5) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(10)}{60} = 1^{\circ} 52' 56''$$

$$6) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(10)}{60} = 1^{\circ} 52' 56''$$

$$7) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 31.45' 7.5'')(0.70)}{60} = 0^{\circ} 7' 54''$$

Así se obtiene, los resultados planteados en la siguiente tabla:

Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión acumulada
0+319.10	0	0.00	0.00
0+320	0.90	0°10'9.86"	0°10'9.86"
0+330	10	1°52'56"	2°03'5.86"
0+340	10	1°52'56"	3°56'1.86"
0+350	10	1°52'56"	5°48'57.86"
0+360	10	1°52'56"	7°41'53.86"
0+360.70	0.70	0°7'54"	<b>7°49'47.86"</b>

**Tabla III.5.1: Replanteo de la curva horizontal 1.**

**Fuente: Propia**

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del

ángulo de deflexión media, es decir:  $7^{\circ} 49' 47.86'' \approx \Delta/2 = \frac{15^{\circ} 38' 31''}{2}$

### 3.5.2 Curva Horizontal 2

Peralte máximo:	$e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$
Coeficiente de fricción lateral:	$f = 0.16$
Long. Tangente considerada:	$T_c = 23.104\text{m}$
Ángulo de deflexión:	$\Delta = 18^\circ 06' 23''$
Velocidad de diseño:	$V = 50\text{KPH}$

#### 1.- Cálculo del radio mínimo.

$$R_{\text{min}} = \frac{V^2}{127.14(e_{\text{max}} + f)} = \frac{50^2}{127.14(0.06 + 0.16)} = 89.379\text{m}$$

$$R_{\text{min}} = 89.379\text{m}$$

#### 2.- Cálculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{\text{max}} = \frac{145692.26(e_{\text{max}} + f)}{V^2} = 12.821$$

#### 3.- Cálculo del radio de la curva.

$$R = \frac{23.104}{\tan \frac{18^\circ 06' 23''}{2}} \quad R = 145.0\text{m}$$

$$R_{\text{min}} = 89.379\text{m} \leq R = 145.0\text{m};$$

Como se puede observar se *cumple* la condición  $R_{\text{min}} \leq R$ .

#### 4.- Cálculo del grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R} = 1145.92 / (145) = 7.903 = 7^\circ 54' 10.43''$$

$$G_{\text{max}} \geq G \quad 12^\circ 49' 15.6'' \geq 7^\circ 54' 10.43'' \quad ; \text{ cumple}$$

#### 5.- Cálculo de los elementos de la curva.

**Externa**

$$E = R (\sec (\Delta/2) - 1)$$

$$E = 145 (\sec (18^\circ 06' 23'' / 2) - 1)$$

$$E = 1.829\text{m}$$

### **Tangente considerada**

$$T_c = R \tan(\Delta/2) = (145) \tan(18^\circ 06' 23''/2) = 23.104 \text{ m}$$

### **Cuerda máxima**

$$CM = 2R \sin(\Delta/2) = 2(145) \sin(18^\circ 06' 23''/2)$$

$$CM = 45.632 \text{ m}$$

### **Mediana**

$$M = R(1 - \cos(\Delta/2)) = 145(1 - \cos(18^\circ 06' 23''/2)) = 1.806 \text{ m}$$

### **Longitud de curvatura**

$$D = \frac{20\Delta}{G_c} = \frac{20(18^\circ 06' 23'')}{(7.903)} = 45.822$$

### **CURVA DE TRANSICIÓN.**

Semi ancho de la calzada:  $a = 3.50 \text{ m}$

Distancia entre ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3):  $L_d = 6.10 \text{ m}$

Estación del PI:  $\text{Est. PI} = 0 + 640$

Tangente de la curva simple:  $T_c = 23.104 \text{ m}$

### **6.- Cálculo del peralte.**

$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G$$

$$e = \frac{0.06}{(18^\circ 06' 23'')^2} (2(12.821) - (7.903)(7.903))$$

$$e = 0.025657165 = 2.57 \%$$

## **7. Cálculo del sobre ancho.**

n = número de carriles

Ld= distancia entre los ejes= 6.10m

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 + Ld^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$Sa = 2(145 - \sqrt{145^2 + 6.10^2}) + \frac{50}{10\sqrt{145}}$$

$$Sa = 0.671961731$$

Dado que  $Sa = 0.67m \geq 0.60m$ , entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.50m, por tanto solo se dejará indicado.

## **8.- Longitud mínima de la espiral.**

$$m = 1.5625V + 75 = 1.5625(50) + 75$$

$$m = 153.125m$$

$$L_{min} = (m)(a)(e) = (153.125)(3.5)(0.025657165) = 13.75$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir:  $L_T = 20m$ .

$$DC = \pi R \Delta / 180$$

$$DC = \pi(145)(18^\circ 06' 23'') / 180 \quad D = 45.822m$$

## **9.- Cálculo de la distancia N.**

$$N = (a)(b)(m) = (3.5)(0.025)(153.125) = 13.4m$$

## **10.- Estacionamientos para el peralte.**

$$\text{EST.PI} = 0+640$$

$$\text{EST.PC} = \text{EST.PI} - T_c$$

$$\text{EST.PC} = 0+640 - 23.104 = 0+616.96$$

$$\text{EST.PT} = \text{EST.PC} + DC$$

$$\text{EST.PT} = 616.96 + 45.822 = 0+662.782$$

$$\text{EST.N} = \text{EST.PC} - \left(\frac{2}{3}L_t + N\right) = (616.96) - \left(\left(\frac{2}{3}\right)(20) + 13.398\right)$$

$$\text{EST.N} = 0+590.229$$

$$\text{EST.ET} = \text{EST.PC} - \left(\frac{2}{3}\right)(L_t) = (616.96) - \left(\frac{2}{3}\right)(20) = 0+603.627$$

$$\text{EST.N}_2 = \text{EST.ET} + N = 603.627 + 13.40 = 0+617.025$$

$$\text{EST.D} = \text{EST.PC} + \left(\frac{1}{3}\right)(L_t) = 616.96 + \left(\frac{1}{3}\right)(20) = 0+623.627$$

$$\text{EST.D}' = \text{EST.PT} - \left(\frac{1}{3}\right)(L_t) = 662.782 - (20)/3 = 0+656.115$$

### Comprobación

$$\text{EST.D}' - \text{EST.D} \geq D'/3$$

$$(0+656.115) - (0+623.627) \geq (45.822)/3$$

$$32.488 \geq 15.274$$

$$\text{EST.N}_3 = \text{EST.PT} + \left(\left(\frac{2}{3}\right)(L_t) - N\right) = 662.782 + \left(\left(\frac{2}{3}\right)(20) - (13.40)\right) = 0+662.717$$

$$\text{EST.TT} = \text{EST.N}_3 + N = (662.717) + (13.398) = 0+676.115$$

$$\text{EST.N}_4 = \text{EST.TT} + N = 676.115 + 13.4$$

$$\text{EST.N}_4 = 0+689.513$$

## 11.- REPLANTEO DE LA CURVA

La longitud de cuerda máxima correspondiente es de 10m dado que el grado de curvatura está entre 6° y 15° teniendo en cuenta lo que señala la tabla A- 3.

$$PC= 0+616.96 \quad PT=0+662.782$$

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60}$$

$$1) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(0)}{60} = 0.00$$

$$2) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(3.04)}{60} = 0^{\circ}36'2.23''$$

$$3) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(10)}{60} = 1^{\circ}58'32.61''$$

$$4) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(10)}{60} = 1^{\circ}58'32.61''$$

$$5) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(10)}{60} = 1^{\circ}58'32.61''$$

$$7) \delta = \frac{1.5(7^{\circ} 54' 10.43'')(2.78)}{60} = 0^{\circ}32'58.73''$$



La diferencia entre ambos estacionamientos la dejamos a LC=10m

Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión acumulada
0+616.96	0	0.00	0.00
0+620	3.04	0°36'2.23"	0°36'2.23"
0+630	10	1°58'32.61"	2°34'34.84"
0+640	10	1°58'32.61"	4°33'7.45"
0+650	10	1°58'32.61"	6°31'40.06"
0+660	10	1°58'32.61"	8°30'12.69"
0+662.782	2.782	0°32'58.73"	<b>9°03'01.14"</b>

**Tabla III.5.2: Replanteo de la curva horizontal 2.**

**Fuente: Propia**

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del

ángulo de deflexión media, es decir:  $9^{\circ}03'01.14'' \approx \Delta/2 = \frac{18^{\circ}06'23''}{2}$

### 3.5.3 Curva Horizontal 3

Peralte máximo:  $e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$

Coeficiente de fricción lateral:  $f = 0.16$

Long. Tangente considerada:  $T_c = 45.761\text{m}$

Ángulo de deflexión:  $\Delta = 31^{\circ}55'18''$

Velocidad de diseño:  $V = 50\text{KPH}$

### 1.- Calculo del radio mínimo.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.14(e_{max} + f)} = \frac{50^2}{127.14(0.06 + 0.16)} = 89.379m$$

$$R_{min} = 89.379m$$

### 2.- Calculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{max} = \frac{145692.26(e_{max} + f)}{V^2} = 12.821$$

### 3.- Calculo del radio de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$R = \frac{45.761}{\tan\frac{31^{\circ}55'18''}{2}} \quad R = 160.0m$$

$$R_{min} = 89.379m \leq R = 160.0m$$

Como se puede observar en el calculo se *cumple* la condición  $R_{min} \leq R$ .

### 4.- Calculo del grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R} = 1145.92/(160.0) = 7.162 = 7^{\circ}09'43.2''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G_{max} \geq G; \quad 12^{\circ} 49' 15.6'' \geq 7^{\circ} 09' 43.2''; \quad \text{cumple}$$

### 5.- Calculo de los elementos de la curva.

**Externa**

$$E = R (\sec(\Delta/2) - 1)$$

$$E = 160(\sec(31^{\circ}55'18''/2) - 1)$$

$$E=6.4146\text{m}$$

### **Tangente considerada**

$$T_c = R \tan(\Delta/2) = (160) \tan(31^\circ 55' 18''/2) = 45.761$$

### **Cuerda máxima**

$$CM = 2R \sin(\Delta/2) = 2(160) \sin(31^\circ 55' 18''/2)$$

$$CM = 87.9936\text{m}$$

### **Mediana**

$$M = R(1 - \cos(\Delta/2)) = 160(1 - (\cos(31^\circ 55' 18''/2))) = 6.1680\text{m}$$

### **Longitud de curvatura**

$$D = \frac{20\Delta}{Gc} = \frac{20(31^\circ 55' 18'')}{(7.162)} = 89.1418$$

### **CURVA DE TRANSICIÓN.**

Semiancho de la calzada:  $a = 3.50\text{m}$

Distancia entre ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3):  $L_d = 6.10\text{m}$

Estación del PI:  $\text{Est. PI} = 0 + 840$

Tangente de la curva simple:  $T_c = 45.761\text{m}$

### **6.- Cálculo del peralte.**

$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G$$

$$e = \frac{0.06}{(31^\circ 55' 18'')^2} (2(12.821) - (7.162))(7.162)$$

$$e = 0.00781475 = 0.78 \%$$

## **7.- Calculo del sobre ancho**

$$Sa=2(160-\sqrt{160^2 + 6.10^2}) + \frac{50}{10\sqrt{160}}$$

$$Sa= 0.6279 \text{ m}$$

Dado que  $Sa = 0.6279\text{m} \geq 0.60\text{m}$ , entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.50m, por tanto solo se dejará indicado.

## **8.- Longitud mínima de espiral $L_{min}$**

$$m = 1.5625V+75 = 1.5625 (50) + 75$$

$$m = 153.125\text{m}$$

$$L_{min} = (m)(a)(e) = (153.125)(3.5)(0.0078) = 4.18 \text{ Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir: } L_T = 40\text{m}.$$

$$DC = \pi R \Delta / 180$$

Desarrollo de la curva

$$DC = \pi(160)(31^\circ 55' 18'') / 180 \quad D = 89.142\text{m}$$

## **9.- calculo de la distancia N o transición de bombeo**

$$N = (a)(b)(m) = (3.5)(0.025)(153.125) = 13.4\text{m}$$

## **10.- Estacionamientos para el peralte**

$$\text{EST.PI} = 0+840$$

$$\text{EST.PC} = \text{EST.PI} - T_c$$

$$\text{EST.PC} = 0+840 - 45.761 = 0+794.239$$

$$\text{EST.PT}=\text{EST.PC}+\text{DC}$$

$$\text{EST.PT}=794.239+89.142=0+883.381$$

$$\text{EST.N}=\text{EST.PC}-(2/3)\text{Lt} + \text{N}=(794.239)-((2/3)(20)+13.4)$$

$$\text{EST.N}=0+767.50$$

$$\text{EST.ET}=\text{EST.PC}-(2/3)(\text{LT})=(794.239)-(2/3)(20)=0+780.905$$

$$\text{EST.N2}=\text{EST.ET}+\text{N}=780.905+13.40=794.31$$

$$\text{EST.D}=\text{EST.PC}+(1/3)(\text{LT})=794.239+(1/3)(20)=0+800.90$$

$$\text{EST.D}'=\text{EST.PT}-(1/3)(\text{LT})=883.381-(20)/3=876.7$$

#### Comprobación

$$\text{EST.D}'-\text{EST.D} \geq \text{D}'/3$$

$$0+876.7-800.90 \geq (89.14)/3$$

$$75.8 \geq 29.713$$

$$\text{EST.N3}=\text{EST.PT}+((2/3)(\text{LT})-\text{N})=883.381+((2/3)(20)-(13.40))=0+883.314$$

$$\text{EST.TT}=\text{EST.N3}+\text{N}=(883.314)+(13.40)=0+896.714$$

$$\text{EST.N4}=\text{EST.TT}+\text{N}=896.714+13.4$$

$$\text{EST.N4}=0+910.114$$

## **11.- REPLANTEO DE LA CURVA**

$$\text{PC}=0+794.239$$

$$\text{PT}=0+883.381$$

Dado que la diferencia entre ambos estacionamientos es muy grande dejamos a  
 $\text{LC}=20\text{m}$

Utilizaremos la ecuación

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60}$$

$l$ = longitud del arco de sub-corona

Gc = grado de curvatura

$$1) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(0)}{60} = 0.00$$

$$2) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(5.761)}{60} = 1^{\circ}1'53.52''$$

$$3) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(20)}{60} = 3^{\circ}34'51.6''$$

$$4) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(20)}{60} = 3^{\circ}34'51.6''$$

$$5) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(20)}{60} = 3^{\circ}34'51.6''$$

$$6) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(20)}{60} = 3^{\circ}34'51.6''$$

$$7) \delta = \frac{1.5(7^{\circ}54'10.43'')(3.381)}{60} = 0^{\circ}36'19.44''$$

Así se obtiene, los resultados planteados en la siguiente tabla:

Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión acumulada
0+794.239	0	0.00	0.00
0+800	5.761	1°1'53.52''	1°1'53.52''
0+820	20	3°34'51.6''	4°36'41.4''
0+840	20	3°34'51.6''	8°11'33''
0+860	20	3°34'51.6''	11°46'24.6''
0+880	20	3°34'51.6''	15°21'16.2''
0+883.381	3.381	0°36'19.44''	15°57'35.64''

**Tabla III.5.3: Replanteo de la curva horizontal 3.**

Fuente: Propia

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $15^{\circ}57'35.64'' \approx \Delta/2 = \frac{31^{\circ}55'18''}{2}$

#### **3.5.4 Curva Horizontal 4**

Peralte máximo:	$e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$
Coeficiente de fricción lateral:	$f = 0.16$
Long. Tangente considerada:	$T_c = 38.93 \text{ m}$
Ángulo de deflexión:	$\Delta = 33^{\circ}50'08''$
Velocidad de diseño:	$V = 50\text{KPH}$

#### **1.- Cálculo del radio mínimo.**

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127.14(e_{\max} + f)} = \frac{50^2}{127.14(0.06 + 0.16)} = 89.379\text{m}$$

$$R_{\min} = 89.379\text{m}$$

#### **2.- Cálculo del grado máximo de curvatura.**

$$G_{\max} = \frac{145692.26(e_{\max} + f)}{V^2} = 12.821$$

#### **3.- Cálculo del radio de la curva.**

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$R = \frac{38.93}{\tan\frac{33^{\circ}50'08''}{2}} \quad R = 128.0\text{m}$$

$$R_{\min} = 89.379\text{m} \leq R = 128.0\text{m}$$

Como se puede observar en el cálculo se *cumple* la condición  $R_{\min} \leq R$ .

#### **4.- Calculo del grado de curvatura.**

$$G_c = \frac{1145.92}{R} = 1145.92 / (128.0) = 8.9525 = 8^{\circ}57'09''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G_{\max} \geq G; \quad 12^{\circ} 49' 15.6'' \geq 8^{\circ}57'09''; \quad \text{cumple}$$

#### **5.- Calculo de los elementos de la curva.**

##### **Externa**

$$E = R (\sec (\Delta/2) - 1)$$

$$E = 128 (\sec (33^{\circ}50'08''/2) - 1)$$

$$E = 5.78\text{m}$$

##### **Tangente considerada**

$$T_c = R \tan(\Delta/2) = (128) \tan(33^{\circ}50'08''/2) = 38.93\text{m}$$

##### **Cuerda máxima**

$$CM = 2R \sin(\Delta/2) = 2(128) \sin(33^{\circ}50'08''/2)$$

$$CM = 74.49\text{m}$$

##### **Mediana**

$$M = R(1 - \cos(\Delta/2)) = 128(1 - \cos(33^{\circ}50'08''/2)) = 5.54\text{m}$$

##### **Longitud de curvatura**

$$D = \frac{20\Delta}{G_c} = \frac{20(33^{\circ}50'08'')}{(8.9525)} = 41.55\text{m}$$



### CURVA DE TRANSICIÓN.

Semiancho de la calzada:	$a = 3.50\text{m}$
Distancia entre ejes más	
Distantes del vehículo de diseño (C3):	$L_d = 6.10\text{m}$
Estación del PI:	$\text{Est. PI} = 0 + 980$
Tangente de la curva simple:	$T_c = 38.93\text{m}$

### **6.- Cálculo del peralte.**

$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G$$

$$e = \frac{0.06}{(12^\circ 49' 15'')^2} (2(12.821) - (8.9525))(8.9525)$$

$$e = 0.0545 = 5.453 \%$$

### **7.- Cálculo del sobre ancho**

$$S_a = 2(128 - \sqrt{128^2 + 6.10^2}) + \frac{50}{10\sqrt{128}}$$

$$S_a = 0.65 \text{ m}$$

Dado que  $S_a = 0.65\text{m} \geq 0.60\text{m}$ , entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.50m, por tanto solo se dejará indicado.

### **8.- Longitud mínima de espiral $L_{\min}$**

$$m = 1.5625V + 75 = 1.5625(50) + 75$$

$$m = 153.125\text{m}$$

$$L_{\min} = (m)(a)(e) = (153.125)(3.5)(0.0545) = 29.21 \quad \text{Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir : } L_T = 40\text{m}.$$

$$DC=\pi R\Delta/180$$

Desarrollo de la curva

$$DC=\pi(128)(33^{\circ}50'18'')/180 \quad Dc=75.58m$$

#### **9.- cálculo de la distancia N o transición de bombeo**

$$N=(a)(b)(m)= (3.5)(0.025)(153.125)= 13.4m$$

#### **10.- Estacionamientos para el peralte**

$$EST.PI = 0+980$$

$$EST.PC=EST.PI-T_c$$

$$EST.PC=0+980-38.93=0+941.07$$

$$EST.PT=EST.PC+DC$$

$$EST.PT=941.07+75.58=1+016.65$$

$$EST.N= EST.PC-(2/3)L_t + N)=(941.07)-((2/3)(40)+13.40)$$

$$EST.N=0+901.00$$

$$EST.ET=EST.PC-(2/3)(L_t)=(941.07)-(2/3)(40)= 0+914.40$$

$$EST.N_2=EST.ET+N=914.40+13.40=0+927.80$$

$$EST.D=EST.PC+(1/3)(L_t)=941.07+(1/3)(40)=0+954.4$$

$$EST.D'=EST.PT-(1/3)(L_t)=1+016.65-(40)/3=0+003.32$$

#### Comprobación

$$EST.D'-EST.D \geq D_c/3$$

$$(0+003.32)-(0+954.4) \geq (75.58)/3$$

$$48.92 \geq 25.20$$

$$EST.N_3=EST.PT+((2/3)(L_t)-N)=1+016.65+((2/3)(40)-(13.40))=1+029.92$$

$$EST.TT=EST.N_3+N= (1+029.92)+ (13.4)=1+043.32$$

$$EST.N_4=EST.TT+N=1+043.32+13.4$$

$$EST.N_4=1+0506.72$$

## 11.- REPLANTEO DE LA CURVA

PC= 0+941.07

PT= 1+ 016.65

La diferencia entre ambos estacionamientos la dejamos a LC=10m

Utilizaremos la ecuación

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60} \quad l = \text{longitud del arco de sub-corona}$$

Gc = grado de curvatura

$$1) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(0)}{60} = 0.00$$

$$2) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(8.93)}{60} = 1^{\circ}59'55.12''$$

$$3) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$4) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$5) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$6) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$7) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$8) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(10)}{60} = 2^{\circ}14'17.25''$$

$$9) \delta = \frac{1.5(8^{\circ}57'09'')(6.65)}{60} = 1^{\circ}29'18.07''$$

Así se obtiene, los resultados planteados en la siguiente tabla:

Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión acumulada
0+941.07	0	0°00'00"	0°00'00"
0+950	8.93	1°59'55.12"	1°59'55.12"
0+960	10	2°14'17.25"	4°14'12.37"
0+970	10	2°14'17.25"	6°28'29.6"
0+980	10	2°14'17.25"	8°42'46.87"
1+990	10	2°14'17.25"	10°57'4.12"
1+000	10	2°14'17.25"	13°11'21.37"
1+010	10	2°14'7.25"	15°25'38.62"
1+016.65	6.65	1°29'18.07"	<b>16°54'56.69"</b>

**Tabla III.5.4: Replanteo de la curva horizontal 4.**

**Fuente: Propia**

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del

ángulo de deflexión media, es decir:  $16^{\circ}54'56.69'' \approx \Delta/2 = \frac{33^{\circ}50'08''}{2}$

### **3.5.5 Curva Horizontal 5**

Peralte máximo:  $e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$

Coeficiente de fricción lateral:  $f = 0.16$

Long. Tangente considerada:  $T_c = 43.455\text{m}$

Ángulo de deflexión:  $\Delta = 46^{\circ}09'03''$

Velocidad de diseño:  $V = 50\text{KPH}$

### 1.- Calculo del radio mínimo.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.14(e_{max} + F)} = \frac{50^2}{127.14(0.06 + 0.16)} = 89.379m$$

$$R_{min} = 89.379m$$

### 2.- Calculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{max} = \frac{145692.26(e_{max} + f)}{V^2} = 12.821$$

### 3.- Calculo del radio de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$R = \frac{43.455}{\tan\frac{46^{\circ}09'03''}{2}} \quad R = 102.0m$$

$$R_{min} = 89.379m \leq R = 102.0m$$

Como se puede observar en el cálculo se *cumple* la condición  $R_{min} \leq R$ .

### 4.- Calculo del grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R} = 1145.92 / (102.0) = 11.234 = 11^{\circ}14'04''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$G_{max} \geq G$ ;  $12^{\circ} 49' 15.6'' \geq 11^{\circ} 14' 04''$ ; cumple

### 5.- Calculo de los elementos de la curva.

**Externa**

$$E = R (\sec (\Delta/2) - 1)$$

$$E = 102 (\sec (46^{\circ}09'03''/2) - 1)$$

$$E=8.87\text{m}$$

### **Tangente considerada**

$$T_c = R \tan(\Delta/2) = (102) \tan(46^\circ 09' 03''/2) = 43.455\text{m}$$

### **Cuerda máxima**

$$CM = 2R \sin(\Delta/2) = 2(102) \sin(46^\circ 09' 03''/2)$$

$$CM = 79.96\text{m}$$

### **Mediana**

$$M = R(1 - \cos(\Delta/2)) = 102(1 - \cos(46^\circ 09' 03''/2)) = 8.16\text{m}$$

### **Longitud de curvatura**

$$D = \frac{20\Delta}{Gc} = \frac{20(46^\circ 09' 03'')}{(11.234)} = 82.16\text{m}$$

### **CURVA DE TRANSICIÓN.**

Semi ancho de la calzada:  $a = 3.50\text{m}$

Distancia entre ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3):  $L_d = 6.10\text{m}$

Estación del PI:  $\text{Est. PI} = 1 + 140$

Tangente de la curva simple:  $T_c = 43.45\text{m}$

### **6.- Cálculo del peralte.**

$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G$$

$$e = \frac{0.06}{(12^\circ 49' 15'')^2} (2(12.821) - (11.234)(11.234))$$

$$e = 0.059 = 5.908\%$$

## **7.- Calculo del sobre ancho**

$$Sa=2(102-\sqrt{102^2 + 6.10^2}) + \frac{50}{10\sqrt{102}}$$

$$Sa= 0.860 \text{ m}$$

Dado que  $Sa = 0.860\text{m} \geq 0.60\text{m}$ , entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.50m, por tanto solo se dejará indicado.

## **8.- Longitud mínima de espiral $L_{min}$**

$$m = 1.5625V+75 = 1.5625(50) + 75$$

$$m = 153.125\text{m}$$

$$L_{min} = (m)(a)(e) = (153.125)(3.5)(0.059) = 31.62 \text{ Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir: } L_T = 40\text{m}.$$

$$DC = \pi R \Delta / 180$$

Desarrollo de la curva

$$DC = \pi(102)(46^\circ 09' 03'') / 180 \quad Dc = 82.16\text{m}$$

## **9.- cálculo de la distancia N o transición de bombeo**

$$N = (a)(b)(m) = (3.5)(0.025)(153.125) = 13.4\text{m}$$

## **10.- Estacionamientos para el peralte**

$$\text{EST.PI} = 1+140$$

$$\text{EST.PC} = \text{EST.PI} - T_c$$

$$\text{EST.PC} = 1+140 - 43.455 = 1+096.55$$

$$EST.PT=EST.PC+DC$$

$$EST.PT=1+096.55+82.16=1+178.71$$

$$EST.N= EST.PC-(2/3)Lt + N)=(1+096.55)-((2/3)(40))+13.40$$

$$EST.N=1+056.48$$

$$EST.ET=EST.PC-(2/3)(LT)=(1+096.55)-(2/3)(40)=1+069.88$$

$$EST.N2=EST.ET+N=(1+069.88)+13.40=1+083.28$$

$$EST.D=EST.PC+(1/3)(LT)=1+096.55+(1/3)(40)=1+109.88$$

$$EST.D'=EST.PT-(1/3)(LT)=1+178.71-(40)/3=1+165.37$$

### Comprobación

$$EST.D'-EST.D \geq D_c/3$$

$$(1+165.37)-(1+109.88) \geq (82.16)/3$$

$$55.49 \geq 27.39$$

$$EST.N3=EST.PT+((2/3)(LT)-N)=1+178.71+((2/3)(40)-(13.40))=1+192.0$$

$$EST.TT=EST.N3+N= (1+192.0)+ (13.4)=1+205.4$$

$$EST.N4=EST.TT+N=1+205.4+13.4$$

$$EST.N4=1+218.80$$

## **11.- REPLANTEO DE LA CURVA**

$$PC= 1+ 096.55$$

$$PT= 1+ 178.71$$

La diferencia entre ambos estacionamientos la dejamos a LC=10m

Utilizaremos la ecuación

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60} \quad l = \text{longitud del arco de sub-corona}$$

Gc = grado de curvatura



$$1) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(0)}{60} = 0.00$$

$$2) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(3.45)}{60} = 0^{\circ}58'8.29''$$

$$3) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$4) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$5) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$6) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$7) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$8) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(10)}{60} = 2^{\circ}48'31''$$

$$9) \delta = \frac{1.5(11^{\circ}14'04'')(8.71)}{60} = 2^{\circ}26'31''$$



### **1.- Diferencia algebraica de las pendientes.**

Utilizando la ecuación (3.29) se tiene:

$$A = (2.43) - (0.661) = 1.769\%$$

Es necesario diseñar la curva vertical ya que  $A = // +1.769\% // > 0.5\%$

Por otro lado la curva está en columpio porque A es positiva

### **2.- Calculo de la distancia de parada.**

Con la ecuación (3. 30) se obtiene:

$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(T1 - Pm)} = 0.278(50)(2.5) + \frac{50^2}{254(0.360 - 0.0243)} = 64.069m$$

### **3.- Calculo de la longitud de la curva vertical.**

Ecuación (3. 31)

$$L = \frac{(A)(Dp)}{120 + 3.5Dp} = \frac{(1.769)(64.069)^2}{120 + 3.5(64.069)} = 21.094m \text{ redondeando a términos de 20 o 40}$$

Según la AASHTO. Primeramente se estipula el valor de K, ver tabla III.6 de valor mínimo de K para curvas verticales se obtiene  $K = 11$  luego:

$$L = (11)(1.769) = 19.459$$

La longitud obtenida se redondea al número de estaciones de veinte metros inmediatos superior, entonces  $L = 20m$

### **4.- Estaciones.**

$$\text{Est. PIV} = 0 + 365$$

La curva se diseña como simétrica por tanto:

$$\text{Est PCV} = \text{Est PIV} - L/2 = (0+365) - 20/2 = \text{Est PCV} = 0 + 355$$

$$\text{Est PTV} = \text{Est PIV} + L/2 = (0+365) + 20/2 = \quad \text{Est PTV} = 0 + 375$$

Entonces la longitud de cada rama es

$$L_r = L/2 = 20/2 \quad L_r = 10\text{m}$$

### **5.- Elevaciones.**

$$\text{Elev.PIV} = 107.20\text{m} - 0.00661 (10) \quad \text{Ele.PCV} = 107.134\text{m}$$

$$\text{Elev.PCV} = 107.20 + 0.0243 (10) \quad \text{Elev.PTV} = 107.443\text{m}$$

### **6.- Calculo de las ordenadas para ambas ramas. Ec. (3.33)**

$$V_{i,d} = \frac{(0.0243)-(0.00661)}{2(20)} x \frac{(10)}{10} X_{i,d}^2$$

$$V_{i,d} = 0.000442 = 4.42 \times 10^{-4} (X_{i,d})^2$$

Ordenada vertical. Ec. (3.32)

$$e = \frac{(0.024)-(0.0061)x(10)(10)}{2(20)} = 0.043\text{m}$$

### **7.- Calculo de las elevaciones sobre tangente. Ec. (3.34)**

Para la rama izquierda:

$$E_{Xs/t} = 107.134 + (0.0061) X_i$$

Para la rama derecha

$$E_{Xs/t} = 107.443 - (0.024) X_d$$

### **8.- Calculo de elevaciones sobre la curva. Ec. (3.35)**

$$E_{S/c} = E_{S/t} + V_{i,d}$$

Para rama izquierda

$$E_{s/c} = 107.134 + (0.00661) X_i + 4.42 \times 10^{-4} (X_i)^2$$

Para rama derecha

$$E_{s/c} = 107.443 + (0.024) X_d + 4.42 \times 10^{-4} (X_d)^2$$

### 9.- Punto más bajo (PB) de la curva.

Obviamente este punto se encuentra al inicio de la curva, por tanto sus coordenadas coinciden con las del PCV:

$$\text{Est. PB} = 0 + 355$$

$$\text{Elev. PB} = 107.134 \text{ m}$$

### 10.- Elevaciones de la curva vertical sobre la orilla interior.

Punto	Estación	X	V	Elev. s/t	Elev. s/c
PCV(PB)	0 + 355	0	0.000	107.134	107.134
PIV	0 + 365	10	0.044	107.20	107.244
PTV	0 + 375	0	0.000	107.443	107.443

Tabla III.6.1: Elevaciones de la curva vertical 1.

Fuente: Propia

### 3.6.2 Curva vertical 2.

#### Datos

$$V = 50 \text{ kph}$$

$$P_i = 4.32\% = (0.0432)$$

$$\text{Est. PIV} = 1 + 020$$

$$p_d = 5.06\% = (0.0506)$$

$$\text{Elev. PIV} = 131.115 \text{ m}$$

$$b = 2.5\% = (0.025)$$

### **1.- Diferencia algebraica de las pendientes.**

$$A = (5.06) - (4.32) = 0.74\%$$

Es necesario diseñar la curva vertical ya que  $A = // +0.74\% // > 0.5\%$

Por otro lado la curva está en columpio porque A es positiva.

### **2.- Calculo de la distancia de parada.**

Con la ecuación (3.30) obtenemos:

$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(T1 - Pm)} = 0.278(50)(2.5) + \frac{50^2}{254(0.360 - 0.0506)} = 66.562\text{m}$$

### **3.- Calculo de la longitud de la curva vertical. Ec. (3. 31)**

$$L = \frac{(A)(Dp)}{120 + 3.5Dp} = \frac{(0.74)(66.562)^2}{120 + 3.5(66.562)} = 9.288\text{m redondeando a términos de 20 o 40}$$

Según la AASHTO. Primeramente se estipula el valor de K, ver tabla III.6 de valor mínimo de K para curvas verticales se obtiene  $K = 11$  luego:

$$L = (11)(0.74) = 8.14$$

La longitud obtenida se redondea al número de estaciones de veinte metros inmediatos superior, entonces  $L = 20\text{m}$

### **4.- Estaciones.**

$$\text{Est. PIV} = 1 + 020$$

La curva se diseña como simétrica por tanto:

$$\text{Est PCV} = \text{Est PIV} - L/2 = (1 + 020) - 20/2 = \text{Est. PCV} = 1 + 010$$

$$\text{Est PTV} = \text{Est PIV} + L/2 = (1+ 020) + 20/2 = \quad \text{Est. PTV} = 1 + 030$$

Entonces la longitud de cada rama es

$$L_r = L/2 = 20/2 \quad L_r = 10\text{m}$$

### **5.- Elevaciones.**

$$\text{Elev. PCV} = 131.115\text{m} - 0.0432 (10) \quad \text{Ele.PCV} = 130.683\text{m}$$

$$\text{Elev. PTV} = 107.20 + 0.0506 (10) \quad \text{Elev.PTV} = 131.621\text{m}$$

### **6.- Calculo de las ordenadas para ambas ramas. Ec. (3.33)**

$$V_{i,d} = \frac{(0.0506)-(0.0432)}{2(20)} x \frac{(10)}{10} X_{i,d}^2$$

$$V_{i,d} = 0.000185 = 1.85 \times 10^{-4} (X_{i,d})^2$$

Ordenada vertical Ec. (3.32)

$$e = \frac{(0.0506)-(0.0432)x(10)(10)}{2(20)} = 0.019\text{m}$$

### **7.- Calculo de las elevaciones sobre tangente. Ec (3.34)**

Para la rama izquierda:

$$E_{Xs/t} = 130.683\text{m} + (0.0432) X_i$$

Para la rama derecha

$$E_{Xs/t} = 131.621 - (0.0506) X_d$$

### 8.- Cálculo de las elevaciones sobre la curva. (Ec. 3.35)

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i d$$

Para rama izquierda

$$E_{s/c} = 130.683 + (0.0432) X_i + 1.85 \times 10^{-4} (X_i)^2$$

Para rama derecha

$$E_{s/c} = 131.621 + (0.0506) X_d + 1.85 \times 10^{-4} (X_d)^2$$

### 9.- Punto más bajo (PB) de la curva.

Obviamente este punto se encuentra al inicio de la curva, por tanto sus coordenadas coinciden con las del PCV

Est. PB = 1+ 010

Elev. PB= 130.683 m

### 10.- Elevaciones de la curva vertical sobre la orilla interior.

Punto	Estación	X	V	Elev. s/t	Elev. s/c
PCV(PB)	1 + 010	0	0.000	130.683	130.683
PIV	1 + 020	10	0.019	131.115	131.134
PTV	1 + 030	0	0.000	131.621	131.621

Tabla III.6.2: Elevaciones de la curva vertical 2.

Fuente: Propia



### **3.6.3 Curva vertical 3.**

#### **Datos**

$$V = 50 \text{ km/h} \qquad P_i = 3.23\% = (0.0323)$$

$$\text{Est. PIV} = 1 + 630 \qquad p_d = 4.55\% = (0.0455)$$

$$\text{Elev. PIV} = 155.30 \text{ m} \qquad b = 2.5\% = (0.025)$$

#### **1.- Diferencia algebraica de las pendientes.**

$$A = (4.55) - (3.23) = 1.32\%$$

Es necesario diseñar la curva vertical ya que  $A = // +1.32\% // > 0.5\%$

Por otro lado la curva esta en columpio porque A es positiva

#### **2.- Calculo de la distancia de parada.**

Con la ecuación (3. 30) se obtiene:

$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(T1 - Pm)} = 0.278(50)(2.5) + \frac{50^2}{254(0.360 - 0.0455)} = 66.046 \text{ m}$$

#### **3.- Calculo de la longitud de la curva vertical.**

Ecuación (3. 31)

$$L = \frac{(A)(D_p)}{120 + 3.5D_p} = \frac{(1.32)(66.046)^2}{120 + 3.5(66.046)} = 16.397 \text{ m redondeando a términos de 20 o 40}$$

Según la AASHTO. Primeramente se estipula el valor de K, ver tabla III.6 de valor mínimo de K para curvas verticales se obtiene  $K = 11$  luego:

$$L = (11) (1.32) = 14.52$$

La longitud obtenida se redondea al número de estaciones de veinte metros inmediatos superior, entonces  $L = 20 \text{ m}$

#### **4.- Estaciones.**

$$\text{Est.PIV} = 1 + 630$$

La curva se diseña como simétrica por tanto:

$$\text{Est PCV} = \text{Est PIV} - L/2 = (1 + 630) - 20/2 = \quad \text{Est. PCV} = 1 + 620$$

$$\text{Est PTV} = \text{Est PIV} + L/2 = (1 + 630) + 20/2 = \quad \text{Est. PTV} = 1 + 640$$

Entonces la longitud de cada rama es:

$$L_r = L/2 = 20/2 \quad L_r = 10\text{m}$$

#### **5.- Elevaciones.**

$$\text{Elev.PCV} = 155.30\text{m} - 0.0323 (10) \quad \text{Ele.PCV} = 154.977\text{m}$$

$$\text{Elev.PCV} = 155.30 + 0.0455 (10) \quad \text{Elev.PTV} = 155.755\text{m}$$

#### **6.- Calculo de las ordenadas para ambas ramas. Ec. (3.33)**

$$V_{i,d} = \frac{(0.0455) - (0.0323)}{2(20)} x \frac{(10)}{10} X_{i,d}^2$$

$$V_{i,d} = 0.000442 = 4.42 \times 10^{-4} (X_{i,d})^2$$

Ordenada vertical Ec. (3.32)

$$e = \frac{(0.0455) - (0.0323)x(10)(10)}{2(20)} = 0.033\text{m}$$

#### **7.- Calculo de las elevaciones sobre tangente. Ec. (3.34)**

Para la rama izquierda:

$$E_{Xs/t} = 154.755 + (0.0323) X_i$$

Para la rama derecha

$$E_{Xs/t} = 155.755 - (0.0455) X_d$$

#### **8.- Cálculo de las elevaciones sobre la curva. Ec. (3.35)**

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i, d$$

Para rama izquierda

$$E_{s/c} = 154.977 + (0.0323) X_i + 3.30 \times 10^{-4} (X_i)^2$$

Para rama derecha

$$E_{s/c} = 155.755 - (0.0455) X_d + 3.30 \times 10^{-4} (X_d)^2$$

#### **9.- Punto más bajo (PB) de la curva.**

Obviamente este punto se encuentra al inicio de la curva, por tanto sus coordenadas coinciden con las del PCV:

$$\text{Est. PB} = 1 + 620$$

$$\text{Elev. PB} = 154.977 \text{ m}$$

#### **10.- Elevaciones de la curva vertical sobre la orilla interior.**

Punto	Estación	X	V	Elev. s/t	Elev. s/c
PCV(PB)	1 + 620	0	0.000	154.977	154.977
PIV	1 + 630	10	0.033	155.30	155.333
PTV	1 + 640	0	0.000	155.755	155.755

**Tabla III.6.3: Elevaciones de la curva vertical 3.**

**Fuente: Propia**

## **3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL.**

### **3.2.1 ADOQUINES**

**Pavimento con adoquines de concreto:** Su capa de rodadura está conformada por los adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto pueden tener una base, o una base con una sub-base que pueden tener espesores ligeramente menores que los de asfalto. También se consideran pavimentos flexibles y son de color del concreto, gris claro. Los pavimentos de adoquines son una vieja idea de los pavimentos de piedra traídos al presente, pero con un nuevo material (el concreto) con inmensas ventajas sobre las de piedra o los de arcilla cocida.

La forma del adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento, pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que no tengan más de 25cm de longitud para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito. Se definen tres tipos de adoquines:

**TIPO 1:** Son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tienen 20cm de largo por 10cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas. Estos adoquines se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. Para tráfico de vehículos solo se pueden colocar en forma de espina de pescado.

**TIPO 2:** Estos no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de “I”. Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar de que éstas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

**TIPO 3:** Miden unos 20x20cm ó más y solo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar de que las hileras queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo de adoquines pertenecen los de forma de cruz, trébol, etc.

Este último tipo de adoquín es el más utilizado en Nicaragua, por tal razón es el que se pretende usar para el tramo de calle en estudio.

### **3.2.2 MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO**

En Nicaragua no existe una norma o ley que establezca el método de diseño que se debe seguir para el diseño estructural de carreteras con pavimentos de adoquines, lo que se hace normalmente es basarse en construcciones anteriores, quedando a criterio del diseñador o consultor los cambios que sean necesarios, pero independientemente del método que se use, se ha observado que los espesores de la estructura varían entre 40 y 55cm, dependiendo de la calidad de la terracería.

Un Método que ha sido muy utilizado en nuestro medio para la determinación de espesores de pavimento flexible en caminos rurales, es el método brasileño de Murillo López de Souza, derivado del Método W.H. Mills, el cual rige para carreteras con pavimento de adoquín en Brasil y que se adapta a las condiciones de las carreteras en Nicaragua. Los datos requeridos por este método son:

- Tipo de tránsito
- Carga por rueda de 4, 5 ó 6 ton
- CBR de la sub-rasante
- Precipitación anual.

Estos datos se obtienen a partir de tablas predefinidas:

**Para subrasante con CBR < 5%**

Se coloca un espesor entre 10 y 45cm de terracería mejorada, dependiendo del valor del CBR y la precipitación pluvial de la zona

**Para subrasante con CBR  $\geq$  5%**

<b>Precipitación (p) ( mm )</b>	<b>p <math>\leq</math> 800</b>	<b>P [ 800 – 1500 ]</b>	<b>1500 <math>\leq</math> p</b>
Adoquín	10	10	10
Arena	3 – 5	3 - 5	3 - 5
Base	20	20	20
Sub-base	12	14	16
Espesor total (cm)	42	46	50

**Tabla III.2.1: Espesores de la estructura según precipitación.**

**Fuente: Manual SIECA 2000**

### **3.2.3 ESPESOR DE LA ESTRUCTURA.**

La determinación del espesor total del pavimento se hace en función del índice soporte de la subrasante (IS), que será determinada en las condiciones de peso volumétrico máximo y humedad óptima. El método para el diseño de pavimento está basado en el CBR como medida de capacidad de soporte de los materiales del pavimento, siendo el valor del CBR corregido el que se denomina (IS) índice de soporte, para no confundirla con el índice de soporte California. El espesor de pavimento sobre la subbase será siempre el espesor mínimo de base + revestimiento (B + R).

#### **3.2.3.1 Los materiales utilizados en el pavimento se dividen en tres categorías**

- 1.- Materiales de subrasante: Los que, en las condiciones de compactación especificada, los que indican un índice de soporte inferior a 20.
- 2.- Materiales de sub-base: Los que, en las condiciones de compactación especificadas, tienen un índice de soporte igual o superior a 20.
- 3.- Materiales de Base: Los que, en las condiciones de compactación, poseen un índice de soporte igual o superior a 30, dependiendo del tipo de tránsito y de la carga máxima de rueda.

El índice de soporte (IS) que se debe adaptar en el diseño será el promedio de los valores suministrados por la igualdad  $IS = CBR$  y la tabla siguiente:

Índice de grupo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	11-12	13-14	15-17	18-20
Índice de soporte	20	18	15	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2

**Tabla III.2.2: Valores del IS según el IG.**

**Fuente: Manual SIECA 2000**

NOTA: El IS que se adaptará en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR ( $IS \leq CBR_{\text{diseño}}$ ). Además, en la sección de anexos se presenta la tabla A-12, los datos sombreados se utilizaron para este diseño. Debe tenerse en cuenta que estos valores deben ser incrementados según la tabla A-14.

#### **3.2.4 DISEÑO DE LA CARPETA DE RODAMIENTO**

Método de Diseño	Murillo López de Souza.
Tipo de tránsito	Medio
Carga máxima por rueda	5 toneladas
Intensidad de lluvia anual	1140.1 mm/año (45plg/año)

Para Base y Sub-base se tiene disponible un material con CBR = 98% (Banco La barranca) con IG = 0, y nula plasticidad, por su alto valor de porcentaje se decidió que la estructura tendrá únicamente una Base de material selecto extraído de dicho banco. El pavimento será dimensionado para un tránsito diario de:  $TPD = 1.5 (329) = 494 \text{ veh/día}$ .



### 3.2.4.1- Cálculo del CBR de diseño.

<b>Clasificación HRB</b>	<b>CBR</b>
A-1-b (0)	56%
A-1-a (0)	70%
--	--
A-1-b (0)	56%
A-2-4 (0)	75%
--	--
A-2-4 (0)	75%
A-1-b (0)	56%
--	--
A-1-b (0)	56%
A-1-a (0)	70%
--	--
A-2-4 (0)	75%
A-4 (4)	25%
--	--
A-1-a (0)	70%
--	--
A-2-4 (0)	75%
A-4 (2)	12%
--	--
A-4 (0)	12%
--	--
A-4 (0)	12%
--	--
A-4 (1)	5%

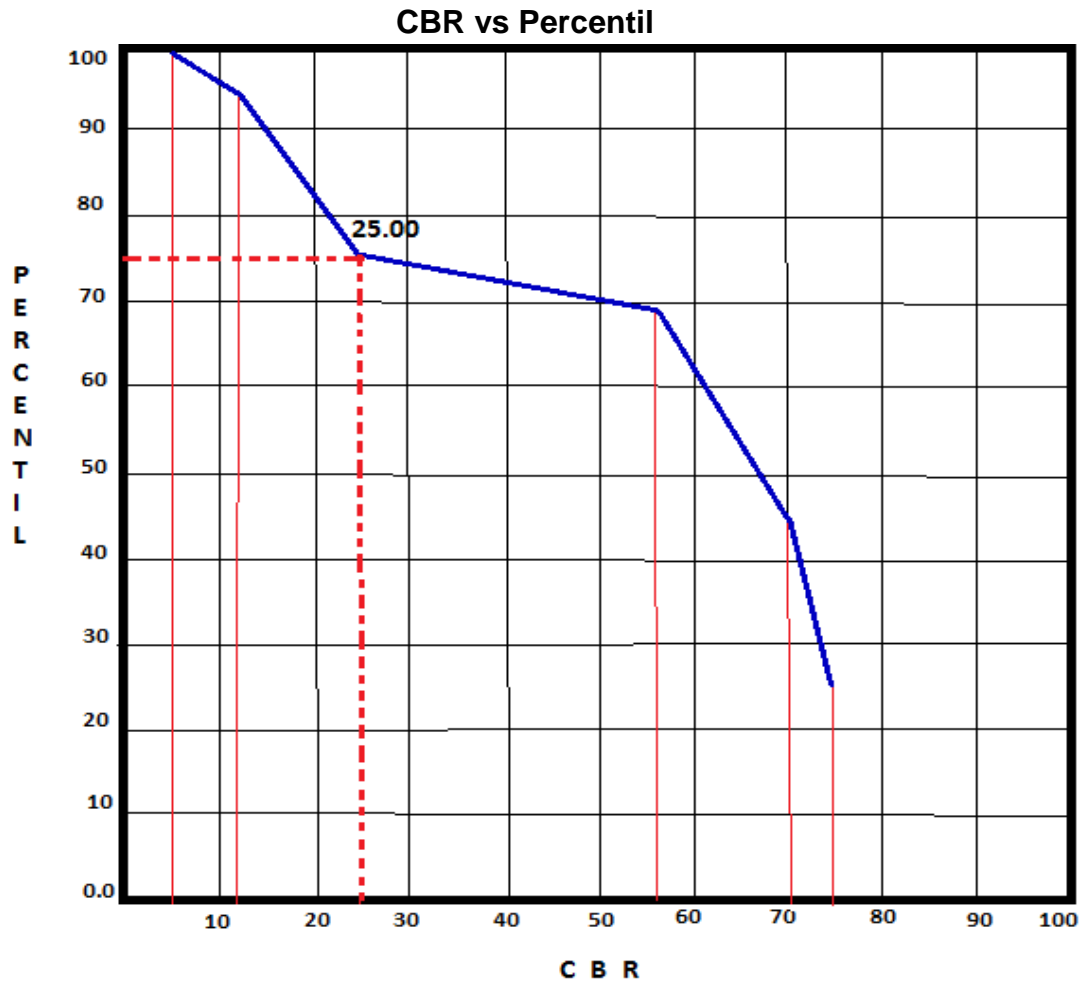
**Tabla III.2.3 Valores de CBR según tipo de suelos.**

**Fuente: Propia, Ver Tabla II.2.4**

De donde obtenemos los siguientes resultados:

CBR ordenado	Frecuencia	Valores	Porcentaje	
5	1	16	1.00	100%
12	3	15	0.94	94%
25	1	12	0.75	75%
56	4	11	0.69	69%
70	3	7	0.44	44%
75	4	4	0.25	25%
Suma	16	0 (OK)		

Teniendo en cuenta que el flujo vehicular del tramo en estudio se clasifica en tránsito medio se requiere de un percentil del 75% (**ver tabla II.2.1**), además, considerando los valores obtenidos en la tabla anterior se tiene para la subrasante existente un CBR de 25.0%.



**Figura III.5: Representación gráfica de CBR vs Percentil**

#### **3.2.4.2 - Cálculo del índice de grupo de la subrasante (IGsr)**

CBR = 25.0% > de 10% → OK

Utilizando los datos representados en la tabla de CBR se determinó el tipo de suelo predominante en la subrasante, se puede concluir que el suelo tipo A- 4 es el de mayor frecuencia, su rango de IG está entre 3 y 27:

CBR	IG
3	0
25.0	IGsr
27	8

Interpolando estos valores se tiene:  $IGsr = 7.3\%$

### **3.2.4.3 - Cálculo del índice de soporte de la subrasante (ISsr)**

La tabla (III.2.2) indica que el *IS* de la subrasante está entre 7 y 8, por tanto se obtiene:

<u>IG</u>	<u>IS</u>
7	8
7.3	ISsr
<u>8</u>	<u>7</u>

Interpolando nuevamente:  $ISsr = 7.7$

El índice de soporte promedio es:  $IS = \frac{25.0 + 7.7}{2} = 16.35 \approx 16$ . Este número representa el menor valor para el CBR de diseño (25.0%), cumpliendo así con que el *IS* que se adaptara en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR (  $IS \leq CBR_{diseño}$  ).

### **3.2.4.4 - Espesor de la Base**

Teniendo una carga máxima de diseño de 5 toneladas, un tránsito medio, una precipitación de 1140.1 mm/año (tabla A-30 ) y un  $IS=16$ , realizando la operación querida se obtiene un espesor 24 cm. Generalmente este valor incluye Base y una Subbase, pero por ser demasiado pequeño para ambas capas, se considera utilizar únicamente una Base de 24cm.

### **3.2.4.5 - Espesores requeridos**

Se incrementará en 10% los espesores por la intensidad de lluvia, esto se especifica en la tabla A-14, así:  $Base = (1.10) \cdot (24cm)$

$$Base = 26.4cm \Rightarrow 27cm$$

Se ha redondeado a la unidad superior más cercano porque es más difícil lograr un espesor de 26.4cm que el de 27cm, además se asegura que la estructura tenga mayor resistencia. No se redondeó a 26cm porque se estaría debilitando la estructura.

Teniendo en cuenta que el espesor de la cama de arena no presta ninguna aportación como estructura, se tiene finalmente que los espesores son:

Adoquín	10 cm
Arena	5 cm
Base	27 cm
<b>TOTAL</b>	<b>42 cm</b>

**Tabla III. 1.18: espesores requeridos**

**Fuente: Propia**

**NOTA:** Con el objetivo de dar una mayor validez al cálculo del espesor de pavimento determinado mediante el método Murillo López de Souza (método brasileño) se procedió a comparar el anterior con el método argentino, expuesto en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

#### **Método Argentino.**

Otro método con el que se obtienen espesores similares es el desarrollado, en base a experiencias del Instituto de Cemento Portland Argentino, por el Ing. Juan F. García Balado, para el cálculo de espesores de pavimento de Adoquines, quien ha propuesto la siguiente ecuación:

$$e = \frac{100 \sqrt{p}}{\% \text{ C.B.R.} + 5}$$

Donde:

e = Espesor total de pavimento requerido, en cm.

p = Carga por rueda, en toneladas.

C.B.R. = El de la Subrasante en condiciones de servicio.

Si se emplea la ecuación considerando:

C.B.R. de la Subrasante = 25%

Carga por rueda = 5 toneladas

Se obtiene:

$$e = \frac{100 \sqrt{5}}{0.25 + 5}$$

$e = 42.59$  ; equivale a 43 cm

Como puede observarse este valor es similar al obtenido con el Método de Murillo López de Souza.

### **3.3 DISEÑO HIDRAULICO.**

#### **3.3.1 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.**

Las obras del sistema de drenaje son obras de ingeniería civil, y al mismo tiempo, obras de ingeniería ambiental, destinadas a la recolección y disposición del agua de las lluvias. El sistema de drenaje es de singular importancia para la conservación de una vía. De ahí que tanto su diseño como su construcción se deban hacer con el mayor esmero posible.

El agua de lluvia puede causar directa o indirectamente una grave erosión en las pendientes, hombros, cunetas, canales o puede obstruir las salidas de las alcantarillas.

El diseño de un buen drenaje depende en anticipar cuándo, en qué magnitud y cómo, el escurrimiento y el agua subterránea será un problema y en hacer por consiguiente las previsiones necesarias para remover tales excesos de agua tan rápido como sea posible para evitar interrupciones en el tránsito o excesivo costo de mantenimiento.

Mediante el diseño del drenaje pluvial se busca eliminar las aguas excedentes entre las calles, carreteras y áreas adyacentes a las mismas, se incluyen también las precipitaciones que caen sobre las calles y carreteras, las aguas superficiales en las áreas adyacentes y el agua que asciende por capilaridad del nivel freático. Cabe señalar que las cunetas serán usadas por las aguas servidas que la población adyacente deja fluir sobre la calle.

### **3.3.2 CUNETAS**

Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino ( o de todo el camino en las curvas), el agua que escurre por los cortes y abecés la escurre de pequeñas áreas adyacentes. Cuando las cunetas pasan del corte al terraplén se prolongan a lo largo del pie del terraplén dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para evitar que se remoje el terraplén lo cual es causa de asentamientos.

Debido a que el área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña generalmente se proyectan estas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración. Se puede decir que se considera suficientemente seguro proyectar cada cuneta para que tomen el 80% de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del derecho de vías dimensiones, la pendientes y otras características de las cunetas se determinan mediante el flujo que va a escurrir por la misma. Las cunetas generalmente se construyen de sección transversal triangular o trapezoidal y su diseño se basa en los principios de flujo en los canales abiertos.

### **3.3.3 DRENAJE TRANSVERSAL**

El objetivo del drenaje transversal es dar paso a las aguas de escorrentía a través de la vía y llevarlas a descargar en lugares apropiados. Un ejemplo de estos son los vados utilizados en las intercepciones de calles urbanas.

En un flujo uniforme, las relaciones básicas se indican mediante la conocida formula de meanning:

$$V = (1/n) \times (R^{2/3}) \times (S^{1/2})$$

En la que:

V = velocidad promedio en m/s

n = coeficiente de rugosidad de meaning

R= radio hidráulico en metros (Área de la sección transversal entre perímetro mojado)

S= pendiente del canal en metros por metros

La fórmula de meaning antes expuesta se obtiene de la fórmula de chezy

Para canales en régimen uniforme:

$$V = C\sqrt{RS}$$

En la que se ha remplazado C por el valor de:

$C = (1/n) \times (R^{1/6})$  que fue propuesto por meanning

### **3.3.4 MEMORIA DE CÁLCULO**

#### **3.3.4.1 CUNETAS**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio hidrológico se propone a partir del caudal de diseño dimensionar la cuneta que drenara dicho caudal se diseña considerando las condiciones más críticas es decir el, mayor caudal obtenido, posteriormente se hará una comparación  $Q_D$  vs Q, debiéndose cumplir que:  $Q_D < Q$ .

Se proponen cunetas tipo caite porque es la más común utilizadas en calles urbanas, con las siguientes especificaciones



$$Q_d = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se considera para el diseño los datos para el tramo de 620m

$$S_{\min} = 2\%$$

$$S_{\max} = 3\%$$

Coeficiente de maning por tabla

$$n = 0.015$$

trabajamos por máxima eficiencia

AREA HIDRAULICA

$$A_h = y^2 = (0.3)^2 = 0.09 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado

$$P_h = 2Y\sqrt{2} = 0.8485\text{m}$$

Radio hidráulico

$$R_h = 0.5y/\sqrt{2} = 0.5(0.30)/\sqrt{2} = 0.1060\text{m}$$

Velocidad media

$$V = R^{2/3} S^{1/2} / n = V = (0.1061)^{2/3} (0.03)^{1/2} / 0.017 = 2.283\text{m/s}$$

Caudal drenado

$$Q = VA = (2.283) (0.09) = 0.205\text{m}^3/\text{S}$$

Caudal drenado > Caudal de diseño

$$0.205\text{m}^3/\text{s} > 0.200 \text{ m}^3/\text{s}. \quad ; \quad \text{cumple}$$

#### **3.3.4.2 VADO**

Diseño de vado.

$$\text{Área a drenar} = 0.735 \text{ Ha}$$

$$T_c = 13.1807 \text{ m}$$

$$I = 136.998 \text{ mm/h}$$

$$Q_d = 0.196 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se propone vado con las siguientes especificaciones:

$$y = 0.17 \text{ m}$$

$$Z = 7$$

$$S_{\min} = 1\%$$

$$n = 0.019$$

Área hidráulica:

$$A_h = Zy^2$$

$$A_h = (7)(0.17)^2 = 0.2023 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P_m = 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

$$P_m = 2(0.17)\sqrt{1 + 7^2}$$

$$P_m = 2.404 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

$$R_h = \frac{0.2023 \text{ m}^2}{2.404 \text{ m}} = 0.084 \text{ m}$$

Velocidad media:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.019} (0.084)^{2/3} (0.01)^{1/2}$$

$$V = \frac{(0.1918)(0.1)}{0.019} = 1.0095 \text{ m/s}$$

Caudal drenado:

$$Q = V \times A = (1.0095 \text{ m/s})(0.2023 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.204 \text{ m}^3/\text{s} > Q_d = 0.196 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad \text{cumple}$$

## **CAPITULO IV: BALANCEO DE EQUIPO**

El balanceo de equipo consiste en el proceso de selección de equipo en función de un programa de ejecución de la obra que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor. Los pasos a seguir en el balanceo de equipo son:

- 1.- Juzgar y elegir el equipo de construcción necesario para cada actividad de la obra.
- 2.- Elaborar la selección de maquinaria conforme a la existencia de estas.
- 3.- Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra en base a los manuales de cada tipo y/o de acuerdo a experiencias vividas en el campo

#### **4.1. MOVIMIENTO DE TIERRA.**

En toda construcción por muy pequeña que sea se deben realizar movimientos de tierra, ya sea que se corte o rellene alguna zona donde el nivel del terreno no esté de acuerdo al nivel requerido.

El movimiento de tierra es un proceso que exige esfuerzo y tiempo por el cual se han determinado algunas especificaciones que son de mucha ayuda al momento de calcular las cantidades de obras. Por otro lado debe considerarse que durante este proceso pueden salir perjudicadas propiedades privadas y causar un impacto ambiental considerable. A continuación se presentan algunos términos utilizados en este capítulo:

**4.1.1 Volumen en banco (Vb):** Es el Volumen medido en el banco de préstamo, está dado en unidades de  $m^3$ ,  $yd^3$ ,  $pie^3$ , etc.

**4.1.2 Volumen suelto (Vs):** Es el volumen del material que se extrajo del banco de préstamo. Es mayor que el volumen de banco debido a que el suelo se ha abundado. Es el valor que se toma como referencia para el costo del acarreo.

**4.1.3 Volumen compacto (Vc):** Es el volumen de tierra que se ha colocado en un terraplén y ha sido compactado por medios mecánicos. Este volumen es menor que el volumen en banco.

**4.1.4 Abundamiento:** Aumento de volumen de determinado tipo de suelo provocado por el aflojamiento de sus partículas, se expresa como un porcentaje de volumen de la muestra inalterada. En este trabajo se consideró un factor de abundamiento del 1.15% (1+e).

**4.1.5 Enjuntamiento:** Reducción del Volumen del suelo a partir del volumen de banco. En este trabajo se consideró un factor de enjuntamiento del 0.85% (1-e).

**4.1.6 Excavación y terraplén:** El proceso de excavación y el de terraplén afectan directamente a la capa de tierra vegetal y a los patrones de drenaje existentes en el área del Proyecto. El Nic-2000 especifica la forma en que este trabajo debe ser realizado dentro del Derecho de Vía y en los bancos de préstamo.

**4.1.7 Excavación:** Es la remoción de tierra, roca, ladrillos, piedras, concreto, pequeñas estructuras y ciertos materiales indeseables<sup>15</sup> que se encuentren dentro del ancho de la terracería del Proyecto.

**4.1.8 Corte:** Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

---

<sup>15</sup> Durante la excavación se pueden encontrar diferentes suelos, ante esto el equipo a utilizar puede variar.  
Ver Tabla A-24

**4.1.9 Relleno o Terraplén:** Son los depósitos de material compactado que se conforman sobre el terreno hasta formar la estructura de la vía y elementos auxiliares, de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

Generalmente, los rellenos de una vía se construyen utilizando el material proveniente de las excavaciones. Se debe procurar que la cantidad de material excavado sea suficiente para construir los rellenos, es decir, que se debe *balancear* el movimiento de tierra.

## **4.2 EQUIPO PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA**

**4.2.1 Limpieza o descapote:** Si la capa orgánica es menor a los 15cm se usan las medidas en m<sup>2</sup>, pero si la capa es mayor a los 15cm, se calcula en términos de volumen (m<sup>3</sup>). Este trabajo se realiza con el tractor de hoja empujador (D-4, D-5, D-6, D-7 ó D-8).

**4.2.2 Extracción del material excavado:** Se utilizan cargadores frontales (pala mecánica) que carga a los camiones de acarreo (Volquetes).

**4.2.3 Suministro de material selecto:** En este proceso se utiliza un cargador frontal o retroexcavadora y el camión Volquete que transporta el material. Para que el movimiento de tierra sea técnica y económicamente rentable, el banco de material a explotar no debe tener una distancia mayor de 5km al sitio de construcción.

**4.2.4 Nivelación del terreno:** Esta actividad es asumida por la motoniveladora, la cual nivela y conforma la zona etc. proporcionando las pendientes del bombeo de la carretera.

**4.2.5 Riego:** esta actividad es suministrada por cisternas que rocían el agua en tramos previamente establecidos.

**4.2.6 Compactación: Este proceso debe efectuarse tal como se explica en el capítulo II.2.**

Equipo utilizado en la compactación.

- 1.- Vibro-compactadora.
- 2.- Unidad de llantas neumáticas.
- 3.- Rodillos de ruedas lisas.
- 4.- Apisonadores neumáticos.
- 5.- Pisones.

La mayoría del equipo anteriormente mencionado se utiliza en carreteras de carpeta asfáltica, en este proyecto de adoquinado se utilizará la vibro-compactadora y en caso de ser necesario se utilizarán compactadoras manuales.

**4.3 CONSIDERACIONES PARA EL USO DE EQUIPO.**

**4.3.1 Efecto de la pendiente:** El efecto de una pendiente positiva es el de incrementar la tracción o disminuirla si la pendiente es negativa. Este aumento o disminución de la potencia está dado en 20lb/ton de peso por cada 1% de pendiente.

**4.3.2 Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que necesita un equipo para realizar una actividad completa.

**4.3.3 Productividad real o efectiva:** Es la producción teórica del equipo multiplicado por el factor tiempo y el factor de operación.

#### **4.4 EQUIPO A UTILIZAR.**

La maquinaria que se utilizará para la ejecución de este proyecto fue seleccionada según la experiencia de la empresa TRAYMA la cual brindó la siguiente lista e información del equipo disponibles para este tipo de construcción:

- Camión Volquete DT 466E (International)
- Tractor D7R LGP (Caterpillar)
- Excavadora 318B L (Caterpillar)
- Cargador frontal 928G (Caterpillar)
- Motoniveladora 120H (Caterpillar)
- Vibro-compactadora de rodillo CS 533D (Caterpillar)
- Cisterna de 3000gln
- Trompo (mezcladora) con capacidad de 1.5 bolsas de cemento.
- Apisonador (placa vibratoria) de 6HP

Cabe señalar que la empresa dispone del operador de cada maquina. Entre las herramientas que se utilizaran para la ejecución del proyecto se pueden mencionar:

- Carretillas
- Palas
- Picos
- Mazos
- Cinceles
- Cuerdas
- Mangueras para nivelar
- Entre otras.



La siguiente tabla se muestra los resultados que se obtuvieron al calcular los volúmenes de tierra para cada uno de los tramos bajo estudio.

Longitud (m)	D Via (m)	Corte (m <sup>3</sup> )	Relleno (m <sup>3</sup> )
2000	11.00	3986.76	4944.59

**Tabla IV.1.1: Resumen de Volúmenes de tierra.**

**Fuente: Propia**

#### **4.5 MEMORIA DE CÁLCULO.**

TRAMO 1 (EST 0+000 – EST 2+000)

##### **4.5.1 Maquinaria para Corte, relleno y conformación.**

###### **4.5.1.1- Acopiar material (Corte).**

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP<sup>16</sup>.

Velocidad de operación: 4KPH (Manual Caterpillar páginas 1 - 18)

Ancho de hoja (SU): 3.69m

Capacidad: 6.86m<sup>3</sup>.

Profundidad máxima de excavación: 52.7cm

Distancia de empuje: 40m (Criterio de los autores)

Producción teórica: 340m<sup>3</sup>/h (Ver anexos)

Factores de corrección (Ver Métodos y Equipos de construcción, UNAN, pág. 22; Manual Caterpillar pág. 1-45)

- Eficiencia 40min/h = 67%
- Capacidad de la maquinaria = 90%
- Resistencia por Pendiente = 3.5% < 5%, No aplica
- HSNM = 450m < 1000m, No aplica
- Pérdida por empuje

Por cada 30m se pierde el 5% de la eficiencia.

---

<sup>16</sup> Manual de Caterpillar Pág. 1-9,36; 28-5

$$\frac{30m}{40m} \Leftrightarrow \frac{5\%}{X} \quad X = \frac{40 \times 5}{30} = 6.67\%$$

Luego:  $100\% - 6.67\% = 93.33\%$

- Operador = 75%

Producción real =  $340 \times 0.67 \times 0.90 \times 0.93 \times 0.75 = 143 m^3 s/h$

Volumen de corte y relleno

Tramo	Longitud (m)	D Vía <sup>17</sup> (m)	Corte* (m <sup>3</sup> )	Relleno <sup>18</sup> (m <sup>3</sup> )
Único	2000	11.00	3986.76	4944.59

$$\text{Duración de corte} = \frac{3986.76 m^3 c/0.85}{143 m^3 s/h} = 32.80 h \approx 33 h$$

Suponiendo un uso de 6 horas diarias<sup>19</sup> se tiene:

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{33 h}{6 h/d} = 5.5 \text{ días} \approx 6 \text{ días}$$

#### **4.5.1.2- Carga de material sobrante cortado.**

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G (Ver Manual Caterpillar pág. 13-3,18).

Capacidad nominal del cucharón: 2.2m<sup>3</sup>.

Altura máxima de descarga: 2.84m

---

<sup>17</sup> En su sección más angosta.

<sup>18</sup> Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Civil Cad 3D.

<sup>19</sup> Véase en la sección de presupuestos sobre costos en pago de maquinaria inciso "c".

Tiempo de ciclo hidráulico:

Levantamiento	6.1seg
Descarga	1.2seg
<u>Descenso libre</u>	<u>2.8seg</u>
Total	10.1seg

Tiempo de ciclo básico<sup>20</sup>:

Tiempo promedio	+0.45
Material mezclados	+0.02
Apilado por topadora	+0.01
Mismo propietario	-0.04
Operación intermitente	+0.04
<u>Punto de carga pequeño</u>	<u>+0.04</u>
Tiempo total de ciclo	0.52min

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60}{0.52 \text{ min}} = 115 \text{ ciclos/h}$$

$$\text{Material sobrante} = \frac{3986.76 \text{ m}^3 \text{ c}}{0.85} = 4690 \text{ m}^3 \text{ s}$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{4690}{2.2} = 2132 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{2132}{115 \text{ c/h}} = 18.54 \text{ h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{18.54 \text{ h}}{6 \text{ h/d}} = 3 \text{ d}$$

---

<sup>20</sup> Ver anexos

#### **4.5.1.3- Transporte de material sobrante**

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E.

Capacidad: A ras =  $12m^3$  Colmado<sup>21</sup> =  $13.7m^3$ .

Distancia de acarreo: 1.06 Km hacia el vertedero +  $\frac{2000}{2 \times 1000} = 2.06$  km

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión.

$$\frac{13.7m^3}{2.2m^3 / ciclo} \approx 7 ciclos$$

Tiempo de carga =  $(0.52min / ciclos)(7 ciclos) \approx 3.64min$

Tiempo fijo descrito = 0.8min (maniobras)

Tiempo de descarga = 1min

Velocidades medias:

V ida = 30KPH

V reg = 50KPH

Tiempo de viaje

$$Tiempo de ida = \frac{2.06 km}{30 kph} = 0.069 h = 4.14 min$$

$$Tiempo de regreso. = \frac{2.06 km}{50 kph} = 0.041 h = 2.47 min$$

Tiempo de viaje =  $4.14 + 2.47 = 6.61 min$ .

Tiempo de ciclo =  $3.64 + 0.8 + 1 + T_{viaje} = 5.44 + T_{viaje}$

Tiempo de ciclo =  $5.44 + 6.61 = 12.05 min$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

---

<sup>21</sup> Según SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

$$\text{Camiones} = \frac{12.05 \text{ min}}{3.64 \text{ min/camion}} = 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{4690 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3/\text{viaje}} = 342 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{342 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} = 86 \text{ viajes/camion}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(86 \text{ viajes/camion})(12.05 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/h}} = 17.27 \frac{\text{h}}{\text{cam}}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{17.27 \text{ h}}{6 \text{ h/d}} = 3 \text{ dias/camion}$$

#### **4.5.1.4- Conformación del bombeo sobre la subrasante.**

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Hoja estándar: 3.66m de largo<sup>22</sup>

Velocidad de operación: 4KPH = 4000m/h

Ángulo de vertedera de trabajo: 30°

Longitud efectiva de hoja (Le): 3.17m

Eficiencia: 0.80

Altura de corte según bombeo = 8.70cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{8.70}{2 \times 100} = 0.044 \text{ m}$$

Producción teórica:  $R = V(Le - 0.6) \times E$  (Tomado del Manual Caterpillar pág. 3-14)

Donde: V: Velocidad de operación (KPH)

Le: Longitud efectiva de la hoja

E: Eficiencia de trabajo

---

<sup>22</sup> Para mayor referencia vea la sección de anexos

Entonces:  $R = 4(3.17 - 0.6) \times 0.80 = 8,224 m^2 / h$

En Volumen será:  $R = \frac{8224 m^2}{h} \times 0.044 = 361.86 m^3 / h$

*Volumen de material cortado en la conformación*

$$\text{Volumen} = 2000 \times 2 \left[ 0.5 \times \frac{8.70}{100} \times 3.9 \right] = 678.60 m^3$$

Se estima que con 2 pasadas se logra un acabado uniforme en la conformación de ahí que:  $N = 2$

Se considera que la máquina retrocede cada 50m a una velocidad promedio de 6KPH por lo cual existe un tiempo de retroceso ( $Tr$ ).

$$Tr = \frac{2000m}{50m} \times \frac{50m}{6000m/h} = 0.33 h$$

El operador labora un tiempo de 40min cada hora ( $Ftr$ ) =  $\frac{40min}{60min} = 0.67$

$$\text{Duración de conformación} = N \frac{Vol}{R \times Ftr} + Tr$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{678.60 m^3}{361.86 \times 0.67} + 0.33 = 5.93 h$$

#### **4.5.1.5- Cargar material cortado durante la conformación.**

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón  $2.2 m^3 / \text{ciclos}$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{678.60 \times 1.15}{2.2} = 355 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{355}{93} = 4 h$$

#### **4.5.1.6- Transporte de material cortado durante la conformación.**

Camión Volquete DT 466E

Capacidad colmado =  $13.7\text{m}^3$ .

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.05 min

Volumen a transportar =  $678.60\text{ m}^3 \times 1.15 = 780.39\text{ m}^3$

Duración de transporte =  $\frac{780.39\text{ m}^3}{13.7\text{ m}^3} \times \frac{12.05\text{min}}{4\text{camiones}} = 171.6\text{min} \approx 2.86\text{ h}$

#### **4.5.2 Maquinaria para terraplén**

##### **4.5.2.1- Explotación de banco de materiales.**

Área transversal de la base =  $(7 + 0.6) \times 0.27 = 2.052\text{ m}^2$

Volumen compacto de material selecto =  $2.052 \times 2000 = 4104\text{ m}^3\text{c}$

Volumen suelto de material selecto requerido =  $\frac{4104 \times 1.15}{2} = 2359.80\text{ m}^3\text{s/h}$

Se ha multiplicado por 1.15 debido al factor de abundamiento y se divide entre 2 ya que la base se conformará en dos capas de 13.5cm cada una.

##### **4.5.2.2- Equipo a utilizar para la explotación de banco:**

1.-Excavadora 318B L<sup>23</sup>

Capacidad del cucharón colmado =  $1.2\text{m}^3$ .

Alcance máximo vertical = 8.53m

Alcance máximo horizontal = 8.21m

Velocidad máxima de desplazamiento = 4.6KPH

Factor de llenado a utilizar = 0.95

Eficiencia = 0.80

---

<sup>23</sup> Ver Manual Caterpillar pág. 5-7, véase también los Anexos

Tiempo de ciclo

Ascenso de brazo	0.08min
Cortar material	0.10min
Girar brazo	0.05min
Cargar cucharón	0.09min
Giro con carga	0.06min
<u>Descarga del cucharón</u>	<u>0.04min</u>
Total	0.46min

*Producción teórica:* (Ver tabla de producción en anexos página 229) se obtiene por interpolación para  $t = 0.46\text{min}$ ,  $V_{\text{cucharones}} = 1.2\text{m}^3$  y  $P = 158\text{m}^3/\text{h}$

*Producción real:*  $Pr = 158 \times 0.95 \times 0.80 = 120\text{m}^3/\text{h}$

Duración de la extracción del material selecto =  $\frac{2359.80 \text{ m}^3/\text{h}}{120\text{m}^3/\text{h}} \approx 20\text{h}$

Duración de posesión = 3 día

**4.5.2.3- Transporte de material selecto.**

Distancia de acarreo =  $11.9\text{Km} + \frac{2000}{2 \times 1000} = 12.9 \text{ km}$

Velocidad de ida = 30KPH (Cargado)

Velocidad de regreso = 50KPH (Vacío)

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{12.9}{30} = 0.43 \text{ h} = 25.8 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{12.9}{50} = 0.258 \text{ h} = 15.48 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{13.7}{1.2} \times 0.46 \text{ min/ciclo} = 5.252 \text{ min}$$

(5.252 minutos representa el tiempo que la excavadora se tarda en cargar un camión)

Tiempo de maniobra = 1.5min

Tiempo descarga = 1min



Tiempo de ciclo del camión =  $5.252 + 1.5 + 1 + 25.8 + 15.48 = 49.032 \text{ min}$

Número de camiones =  $\frac{49.032 \text{ min}}{5.252 \text{ min/camion}} \approx 9 \text{ camiones}$

Número total de viaje =  $\frac{2359.80}{13.7} = 172.25 \text{ viajes}$

Viajes por camión =  $\frac{172.25}{9} = 19 \text{ viajes / camión}$

Tiempo transporte., material =  $(19 \text{ viajes/camión})(49.032 \text{ min/viaje}) = 931.61 \text{ min/camión}$

Tiempo transporte material  $\approx 6 \text{ horas de } 60 \text{ min}$

Pero se considera un tiempo efectivo de  $50 \text{ min/h}$ , de modo que:

Tiempo de transporte =  $6 \times (60/50) = 7 \text{ h}$

Producción de los camiones =  $9 \times \frac{13.7 \times 0.9}{49.032} = 2.263 \text{ m}^3/\text{s min} \left[ \frac{50 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right]$

Producción de los camiones =  $113.16 \text{ m}^3/\text{s/h} < 120 \text{ m}^3/\text{s/h} \rightarrow \text{OK}$

Duración de posesión = 1 día

#### **4.5.2.4- Tendido y humectación de material selecto.**

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Espesor de la capa (e) = 13.5 cm compactados

Velocidad de operación (V) = 4KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Número de pasadas a lo ancho de la base

$$N = \frac{\text{ancho del tramo}}{\text{Le} \times \text{traslape}} = \frac{7.6}{3.17m(0.8)} = 2.997 \approx 3$$

Total de pasadas:

- Para Tender material	3 pasadas
- Para homogenizar	6 pasadas
- Para conformar	3 pasadas
Total	12 pasadas

$$\text{Producción: } P = \frac{V \times A \times e \times E}{N} = \frac{4000 (7.6)(0.135)(0.75)}{12} = 256.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{\text{dist. a conformar}}{V} \times N = \frac{2000m}{4000m/h} \times 12 = 6 \text{ h}$$

Para esta máquina se considerará un factor de tiempo efectivo de 40min/h, es decir 0.67

$$\text{Entonces la Duración} = \left[ \frac{2359.80}{256.5 \times 0.67} \right] + 6 \text{ h} \approx 19.73 \text{ h}$$

$$\text{Duración} = 3.29 \text{ días}$$

#### **4.5.2.5- Compactación de la primera capa de la Base**

Equipo a utilizar: Compactador vibratorio CS 533D<sup>24</sup>

Ancho de tambor = 2.13m

Espesor de la capa (e) = 13.5 cm

Velocidad de operación = 5KPH

Eficiencia (E) = 0.75

---

<sup>24</sup> Manual Caterpillar Pág. 12-15; 17-23

Para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6)

Ancho de compactación por pasada (A):  $A = 2.13m - 0.15m = 1.98m$

Producción real =  $\frac{A \times V \times e}{N} \times E$  (Manual Caterpillar pág. 12-15)

Producción real =  $\frac{1.98 \times 5000 \times 0.135}{6} \times 0.75 = 167.063 m^3 c/h$

Tiempo para compactar una banda =  $\frac{2359.80/1.15}{167.063} = 12.30 h$

Número de bandas =  $\frac{7.6 m}{1.98 m} = 4$

Duración total de compactación =  $4 \times 12.30 h = 49.20 h$

Duración de posesión =  $\frac{49.20 h}{6 h/d} = 8.2 días$

Para la segunda capa se procede de la misma manera, de modo que la duración total de toda la maquinaria para construir la base es el doble de la que aquí se muestra.

NOTA: Las horas de la cisterna para humectar el material de la base y sub-base a compactar es igual a las horas de la motoniveladora.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la actividad realizada por maquina

Actividad	Equipo
Acopiar material	Tractor D7R LGP (Caterpillar)
Cargar material sobrante	Cargador frontal 928G (Caterpillar)
Transporte de material sobrante	Camión Volquete DT 466E (International)
Conformación de bombeo sobre la subrasante	Motoniveladora 120H (Caterpillar)

<b>Actividad</b>	<b>Equipo</b>
Cargar material cortado durante conformación	Cargador frontal 928G (Caterpillar)
Transporte de material cortado durante la conformación	Camión Volquete DT 466E
Explotación de banco de material	Excavadora 318B L (Caterpillar)
Transporte de material selecto	Camión Volquete DT 466E
Tendido de material selecto	Motoniveladora 120H (Caterpillar)
Regado del material selecto	Cisterna de 3000 galones
Compactación de material selecto para base	Vibro-compactadora de rodillo CS 533D
Apisonar adoquines	Placa vibratoria de 6HP

**Tabla IV.1.2: Resumen de la actividad realizada por maquina.**

**Fuente: Propia**

## **CAPITULO V: PLANEACION Y PRESUPUESTO**

## **5.1 Costos de proyectos**

El diseño de un proyecto constructivo no está terminado sin antes haber resuelto uno de los puntos más importantes para el dueño, el *costo de la obra*, ya que es por medio de este que se llegará a la decisión de ejecutar o no el proyecto en cuestión.

El interés financiero que supone un proyecto de cualquier magnitud es el que vendrá a colaborar para la realización del mismo. Es por eso que debe presentarse un informe detallado de los costos de cada uno de los recursos, estableciendo en conjunto lo que se conoce como *presupuesto*.

### **5.1.1 Variables que se deben considerar para calcular el presupuesto de un proyecto**

Al momento de preparar los costos de un proyecto, se deben considerar, todas las variables que afectan su ejecución, entre estas se pueden mencionar las siguientes:

- Ubicación geográfica del proyecto
- Condiciones climáticas.
- Tipo y condiciones de acceso hasta el sitio del proyecto
- Distancia de los principales centros de distribución de materiales
- Disponibilidad de mano de obra calificada en la zona del proyecto
- Dimensión del proyecto
- Capacidad técnica y financiera a utilizar
- Riesgos asumidos con sus diferentes variables
- Condiciones específicas y contractuales del proyecto

### **5.1.2 Costos indirectos por administración y utilidad**

En la estimación de los costos de venta, se debe hacer el correspondiente cálculo de los costos indirectos, costos por admón., márgenes de utilidad e imprevistos a fin de determinar el factor de sobre costo que se aplicará a los costos directos del proyecto, además, se debe tener en consideración que los impuestos también forman parte de la estructura de costos indirectos.

## **5.2 El proceso de planeación**

La planeación no es una etapa independiente, es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Durante la ejecución del proyecto, la planeación permite la revisión sistemática de situaciones actuales de forma que pueden concederse tolerancias en cuanto a los efectos de incertidumbres en la planeación original, a la vez que permite llevar a cabo una re-evaluación de incertidumbres futuras y las medidas iniciadas como remedio para las operaciones que requieren corrección o aceleración.

Muchas de las grandes empresas elaboran la programación de los proyectos mediante el uso de software, sin embargo esto no significa que dicha planeación se halla elaborado en forma eficiente ya que ciertos datos digitados requieren de cálculos manuales, un ejemplo adecuado son las normas de rendimiento horarias.

### **5.2.1 Técnicas de programación.**

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que las técnicas de programación tratan de ordenar las actividades de

forma que se pueden identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costos, cargas de trabajo, etc.)

La programación consiste por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras no (actividades críticas).

### **5.2.2 Diagrama de Gantt.**

Muestra las fechas de comienzo y finalización de las actividades y las duraciones estimadas.

El gráfico de Gantt es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, recogiendo en las filas la relación de actividades a realizarse y en las columnas la escala de tiempos que se está manejando, mientras la duración y situación en el tiempo de cada actividad se representa mediante una línea dibujada en el lugar correspondiente.

### **5.2.3 Camino o ruta crítica.**

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que se puede tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios.

### **5.2.4 Actividades críticas.**

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico. En una actividad crítica la fecha más temprana de inicio coincide con la más tardía de comienzo. La holgura para estas actividades es cero.



### **5.2.5 Microsoft Project**

Es un programa para planear tareas que facilita el seguimiento de las escalas de tiempo de los proyectos y la generación de los gráficos correspondientes. Este programa se utilizará en este trabajo con el fin agilizar el procedimiento de planeación del proyecto en estudio y que el lector pueda observar las actividades críticas que componen este proyecto, además, le pueda dar un seguimiento.

## **5.3 MEMORIA DE CÁLCULO**

A continuación se muestran los cálculos de la cantidad de materiales que se van a utilizar para construir el Tramo de 2 km

### **5.3.1 Cantidad de materiales requeridos para la construcción del proyecto**

#### **1.- Medio adoquines.**

1.1-Se usarán adoquines de 0.10 x 0.20m para el eje central y ambos bordes de la calzada.

1.2-Se utilizan 104 unidades por cada 10 metros lineales considerando ambos bordes de la calzada y los que se utilizan para la línea central.

✕ Longitud = 2000m

✕  $\text{Medio adoquines} = \frac{104 (2000)}{10} = 20800 + 5\% \text{ de desperdicio}$

✕  $\boxed{\text{Medio adoquines} = 21,840 \text{ unidades.}}$

#### **2.- Adoquines**

✕ Para 1m<sup>2</sup> se utilizan la cantidad de 20 adoquines.

✕ Área a cubrir = (2) (3.5) (2000) = 14,000 m<sup>2</sup>

✕  $\text{Adoquines} = (20) (14,000) - \frac{21840}{2} = 269,080 + 5\% \text{ de desperdicio.}$

✕  $\boxed{\text{Adoquines} = 282,534 \text{ unidades.}}$

### 3.- Piedra cantera

- Se utilizarán piedras de 0.15 x 0.40 x 0.60 m

#### 3.1.- Cuneta

- La cuneta que se colocará es igual en ambos lados de la calzada.
- Longitud total =  $2(1982) = 3964\text{m}$
- Cantidad de Piedras =  $2\left(\frac{3964}{0.40}\right) = \underline{19,820 \text{ unidades}}$
- .Piedra cantera 19,820+ 7% desperdicio.
- Piedra cantera = 21,207 unidades.

### 4.- Concreto

- El concreto que se utilizará para esta obra tendrá la proporción 1:1½:2½ con una resistencia a la compresión de 3,500psi (245Kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días.

#### 4.1.- Viga longitudinal

- Longitud =  $2 (2000) = 4000\text{m}$
- Sección de viga =  $0.075 \times 0.15 = 0.01125\text{m}^2$ .
- Volumen del Concreto =  $(0.01125)(4000) = \underline{45\text{m}^3}$

#### 4.2.- Vigas transversales

- Se colocarán al terminar e iniciar cada cuadra y al iniciar y terminar una curva vertical.
- Longitudes de las vigas transversales = 7.0m
- Sección de vigas =  $0.15 \times 0.20 = 0.03\text{m}^2$ .
- Volumen de concreto para una viga transversal =  $(7.0) (0.03) = 0.21\text{m}^3$
- Cantidad de vigas transversales = 27
- Volumen concreto =  $(0.21 \times 27) = \underline{5.67\text{m}^3}$

#### 4.3.- Vados

- Sección transversal =  $0.15 \times 2.4 + 0.15 \times 0.10 = 0.375 \text{ m}^2$
- Longitud de un vado = 7.0m
- Cantidad de vados = 2
- Volumen concreto =  $(0.375) (7.0) (2) = \underline{5.25 \text{ m}^3}$

#### 4.4.- Andén

- Anchos = 1.0m
- Longitud =  $2(2000 - 18.0)m = 3982m$
- Espesor = 6cm
- Volumen del Concreto =  $(0.06) (1 \times 3982) = 238.92m^3$ .
- $Concreto = ((45m^3 + 5.67 m^3 + 5.25 m^3)(1.05)) + 238m^3(1.10) = 320.52 m^3$
- Concreto = 320.52 m<sup>3</sup>

Así, según la proporción de diseño se tiene:

$$Cemento = (10.2)(320.52) = 3269.30 \text{ bls}$$

$$Arena = (0.43)(320.52) = 137.82 m^3.$$

$$Grava = (0.716)(320.52) = 229.50 m^3.$$

#### 5.- Acero #3

##### 5.1.- Viga longitudinal

- Se usará una varilla de refuerzo #3 a lo largo de toda la viga, traslapando 0.30m.
- Longitud = 4000 m.
- Cantidad de varillas =  $\frac{4000}{6-0.30} = 701.75 \approx \underline{702 \text{ varillas}}$

##### 5.2.- Vigas transversales

- Longitud =  $(7)(21) = 147 \text{ m}$
- Cantidad de varillas =  $\frac{147}{6-0.30} = 25.79 \approx \underline{26 \text{ varillas}}$

##### 5.3.- Vados.

- Se armara una malla (parrilla) con las siguientes dimensiones:

Var. #3 @ 0.20 A/D

Largo = 7.0 m

Ancho = 2.3 m

- Cantidad de piezas de 2.3m =  $\frac{7.0}{0.20} = 35$
- Cantidad de piezas de 7.0m =  $\frac{2.3}{0.20} \approx 11$
- Longitud =  $(7.0)(11) + (2.3)(3.5) = 158m$
- Cantidad de vados = 2

➤ Cantidad de varillas =  $(2) \left[ \frac{158}{6} \right] = \underline{53 \text{ varillas}}$

Acero #3 =  $\left[ \frac{702+26+53}{13} \right] = 60.07 \text{ qq} + 3\% \text{ desperdicio}$

Acero #3 =  $61.87 \approx 62 \text{ qq}$

#### 6.- Alambre de amarre #18

AA = 5% (Acero #3 vados) =  $(0.05) \left( \frac{53}{13} \right) (100) = 20.38 \text{ lbs.} + 30\% \text{ desperdicio}$

AA = 27.00 lbs.

#### 7.- Mortero

- Para esto se utilizará arena Motastepe.

##### 7.1- Junta para cuneta

- Espesor de junta =  $1" = 2.54 \text{ cm}$   
➤ Volumen por cada metro lineal de cuneta =  $0.02 \text{ m}^3$ .  
➤ Volumen del Mortero =  $(0.02)(3964) = 79.28 + 30\% = \underline{104 \text{ m}^3}$ .

Luego, según la proporción 1:4 con un F'c = 3,100psi (220Kg/cm<sup>2</sup>) se tiene:

Cemento =  $(8.5)(104) = 884 \text{ bls}$

Arena =  $(1.16)(104) = 121 \text{ m}^3$ .

#### 8.- Mortero para repello

- Este mortero se utilizará para repellar la cuneta.  
➤ Se usará arena Motastepe (colada en la malla 8x8)  
➤ Espesor de repello 1cm.  
➤ Área total a repellar.  
Área =  $(1.42)(3982) = 5654.44 \text{ m}^2$   
Mortero =  $(0.01)(5654.44) = 56.54 + 7\% \text{ desperdicio}$   
Mortero =  $60.50 \text{ m}^3$

Entonces:

$$\text{Cemento} = (8.5)(60.50) = 514\text{bls}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16)(60.50) = 70 \text{ m}^3.$$

## 9.- Arena Motastepe

9.1.- Para conformar la capa de arena.

- Espesor de capa = 5cm, por tanto se requiere de  $0.05\text{m}^3/\text{m}^2$ .

$$\text{Arena} = (0.05)(14000) = 700 + 30\% \text{ desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 910 \text{ m}^3}.$$

9.2.- Para sello de adoquinado

- Se necesitan  $0.0035\text{m}^3/\text{m}^2$ .

$$\text{Arena} = (0.0035)(14000) = 49 + 30\% \text{ desperdicio.}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 63.7 \text{ m}^3}.$$

## 10.- Madera

### 10.1-Reglas de 1"x3"x6vrs

- Para formaletas de andén
- Cantidad = 2 c/6 m
- Total = 334 + 20%

$$\boxed{\text{Total} = 418 \text{ piezas}}$$

### 10.2.- Reglas de 1"x2"x6vrs

- Para niveletas u otros.
- Cantidad = 4 por cada 100 metros
- Total =  $2 \left( \frac{2000}{100} \right) = 40 + 20\%$

$$\boxed{\text{Total} = 48 \text{ piezas}}$$

### 10.3.- Cuartones de 2"x2"x6vrs

- Para niveletas y codales usados en la conformación de la capa de arena.
- Cantidad = 3 por cuadrilla y 4 por cada 100 metros
- Total =  $(3)(5) + 4 \left( \frac{2000}{100} \right) = 95 + 20\%$

Total = 114 piezas.

Para 2.0 km se tiene:

Pintura retro-reflectiva.

- El uso de la pintura se usará de la siguiente manera:

- Raya continua blanca =  $2(2000) = 4000\text{m}$
- Raya discontinua blanca =  $2000 / 2 = 1000\text{m}$
- Borde de cuneta =  $90\text{m}^2$
- Otras.

- Se estima una distribución de pintura como sigue:

- Pintura amarilla 5 galones
- Pintura blanca 38 galones
- Pintura = 43 galones.

### 5.3.2 Resumen de cantidad de materiales.

DATOS	U/M	TRAMO 1
Longitud	M	2000
Ancho de calzada	M	7.00
Vigas Transversales	U	27.00
Vados	U	2.00
Ancho de andén	M	1.00
Cantera	U	21,207
Cemento	BLS	4667.30
Arena Motastepe	M3	1303.00
Grava	M3	229.50
Acero No3	qq	62.00
Alambre de amarre	Lbs	27.00

DATOS	U/M	TRAMO 1
Adoquín	U	282,534
Medio adoquín	U	21,840
Reglas de 1"x2"x6vrs	U	48.00
Cuartones de 2"x2"x6vrs	U	114.00
Cuerdas 100m	U	40.00
Clavos 1 1/2"	LBS	60.00
Reglas de 1"x3"x6vrs	U	418.00
Pintura	GLN	43.00

**Tabla V.1: Total de materiales a utilizar.**

**Fuente: Propia**

## **5.4 PLANEACIÓN**

### **5.4.1 Actividades que componen el proyecto.**

En este proyecto se ha considerado la siguiente estructura de actividades para la elaboración del presupuesto<sup>25</sup> y de la planeación:

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA <sup>26</sup>
<b>I.- PRELIMINARES</b>	
1.- Obras temporales (Champa)	M2
2.- Trazo y nivelación	GLB
3.- Rótulo	GLB
<b>II.- MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN</b>	
1.- De equipo	GLB
<b>III.- MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	
1.- Corte	M3
2.- Relleno	M3
3.- Conformación y compactación	M2
4.- Botar tierra sobrante de excavación	M3
5.- Explotación de banco	M3
6.- Acarreo de material selecto	M3

<sup>25</sup> Tomado de la guía de costos del FISE.

<sup>26</sup> Estas unidades de medida podrían variar a conveniencia durante los cálculos.

7.- Revestimiento (Base)	M3
<b>IV.- CUNETA Y ANDÉN</b>	
2.- Cuneta de piedra cantera	ML
3.- Andén de concreto	M2
<b>V.- CARPETA DE RODAMIENTO</b>	
1.- Capa de arena	M2
2.- Adoquinado	M2
3.- Viga transversal	ML
4.- Viga de remate	ML
5.- Reparaciones	M2
<b>VI.- OBRAS DE DRENAJE</b>	
1.- Vado de concreto	M3
<b>VII.- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL</b>	
1.- Señales de reglamentación	U
2.- Señales de prevención	U
3.- Señales viales permanentes	U
<b>VIII.- LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL</b>	
1.- Limpieza final	GLB
2.- Entrega y detalles	DIA

## 5.5 DURACIONES

En base a las cantidades de obras obtenidas a partir del diseño realizado y considerando la capacidad de trabajo de cada una de las maquinas a utilizar, la siguiente tabla muestra las duraciones de trabajo de cada una de los equipos a emplear.

No	Descripción	Cantidad	Actividad	Tiempo ejecución	Duración posesión
1	Tractor D7R LGP	1	Cortar	33h	6d
2	Cargador frontal 928G	1	Cargar sobrante	18.54h	3d
3	Camiones DT 466E	4	Botar	17.27h	3d



No	Descripción	Cantidad	Actividad	Tiempo ejecución	Duración posesión
4	Motoniveladora 120H	1	Conformar subrasante	5.93h	1d
5	Cargador frontal 928G	1	Cargar material de conformación	4h	1d
6	Camiones DT 466E	4	Botar	2.86h	1d
7	Excavadora 318B L	1	Explotación de banco	20h	3d
8	Camiones DT 466E	9	Transportar material	7h	3d
9	Motoniveladora 120H	1	Tender 1ra capa de Base	19.173h	4d
10	Compactador vibratorio CS 533D	1	Compactación 1ra capa	49.20h	8d
11	Repetir desde fila 7 hasta fila 10 para 2da capa				

**Tabla V.1: Resumen de las duraciones de los equipos. Fuente: Propia**

Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANTIDAD	FUERZA	DÍAS
I	PRELIMINARES						
1	Champa	M2	0.80	7.20	20.00	3 ayudantes	0.93
2	Niveletas	U	1.14	10.26	418.00	1 oficial, 2 ayuda	40.74
IV	CUNETAS, ANDÉN						
1	Cuneta	U	3.12	28.08	3964.00	6 oficiales, 3 ayuda	23.53
	Colar arena	M3	0.60	5.40	31.17	2 ayudantes	2.88
	Mortero (junta+repello)	M3	0.4	3.60	42.61	3 ayudantes	3.95
	Repello	ML	8.15	73.35	1982.00	6 oficiales, 3 ayuda	4.50
2	Andén	M2	7.50	67.50	3982.00	6 oficiales, 3 ayuda	9.83
V	CARPETA DE RODAMIENTO						
1	Colchón de arena	M2	24.82	223.38	14000.00	3 ayudantes	20.88
2	Adoquinado	M2	3.16	28.44	14000.00	6 oficiales, 3 ayuda	82.04
3	Vigas transversales	ML	3.81	34.25	147.00	6 oficiales, 3 ayuda	0.71
4	Remates de adoquín	ML	4.17	37.50	4000.00	6 oficiales, 3 ayuda	17.76
	Colar arena	M3	0.60	5.40	63.7	2 ayudantes	5.90
	Sello de arena	M2	75.00	675.00	14000.00	2 ayudantes	10.37
	Compactación de adoquín	M2	90.00	810.00	14000.00	1 ayudantes	17.28

Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANTIDAD	FUERZA	DÍAS	Nº
5	Reparaciones	M2	4.74	42.66	--	4	oficiales, 2 ayuda	20.00
VI	OBRAS DE DRENAJE							
*	Armadura de vados	qq	0.19	1.71	4.08	4	oficiales, 2 ayuda	0.60
1	Vados	M2	2.04	18.36	32.2	4	oficiales, 2 ayuda	0.43
VII	SEÑALIZACIÓN							
	Todas	GLB	--	--	1.00	2	oficiales, 4 ayuda	8.00
VIII	LIMPIEZA Y ENTREGA							
1	Limpieza	M2	8.42	75.78	14000.00	10	ayudantes	18.47
2	Entrega y detalles	DIA	1.00	9.00	--	--	--	2.00

**Tabla V.3: Cálculo de las duraciones de las actividades que serán realizadas por obreros.**

**Fuente: Propia**

Para la tabla anterior (duraciones de obreros) se dan los siguientes conceptos  
UM: Unidad de medida.

NRH: Norma de rendimiento horario. Es el resultado de dividir la norma de rendimiento diario entre el numero de horas de la jornada diaria (9 horas) representa la producción de horas de un obreros o de un grupo de obreros. (9HRS)JD: Jornada diaria.

Fuerza: es la cantidad de obreros necesarios para realizar una actividad.

De la siguiente manera se calcula las duraciones realizadas por obreros:

$$JD = NRH \times (9HRS)$$

$$\text{Duración} = \frac{(\text{cantidad}/(\text{NRH} \times 9\text{hrs}))}{(\text{Fuerza})}$$

Luego de obtener las duraciones de cada actividades mediante las normas de rendimiento horarias se procedió a elaborar el diagrama de Gantt mediante el programa Microsoft Office Project Professional 2010. La programación de la obra se ha elaborado en una sola etapa. Una vez establecidas las secuencias de actividades se obtuvo la siguiente duración:

ETAPA	INICIA	FINALIZA	DURACIÓN
1	02/07/12	20/02/13	168 d

**Tabla V.4: Fechas de ejecución del proyecto.**

**Fuente: Propia**





## 5.6 PRESUPUESTO

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

### A.- Costos Directos (CD)

A.1.- Cálculo de costos de materiales

A.2.- Cálculo de costos en pago de alquiler de maquinaria

A.3.- Cálculo en pago de mano de obra

### B.- Costos Indirectos (CI)

B.1.- Costos indirectos de operación (administración)

B.2.- Costos indirectos de obra

B.3.- Imprevistos

B.4.- Financiamiento

B.5.- Fianzas

### C.- Costo Total de la obra (Precio Base)

### A.- Costos Directos.

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

#### A.1.- Costos en pago de materiales<sup>27</sup>.

Los precios unitarios fueron consultados en diferentes ferreterías, priorizando un promedio entre los precios encontrados, a partir de estos y la cantidad de materiales obtenidos anteriormente se obtuvieron los siguientes datos.

Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	PRECIO UNI	TOTAL
<b>I</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 19,520.00</b>	<b>C\$ 19,520.00</b>
3	Nivelación	GLB	1.00	C\$ 19,520.00	C\$ 19,520.00
	<i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i>	<i>U</i>	<i>110.00</i>	<i>C\$ 58.00</i>	<i>C\$ 6,380.00</i>
	<i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i>	<i>U</i>	<i>96.00</i>	<i>C\$ 110.00</i>	<i>C\$ 10,560.00</i>
	<i>Cuerdas 100m</i>	<i>U</i>	<i>40.00</i>	<i>C\$ 36.00</i>	<i>C\$ 1440.00</i>
	<i>Clavos 1 1/2"</i>	<i>LBS</i>	<i>60.00</i>	<i>C\$ 19.00</i>	<i>C\$ 1140.00</i>
<b>IV</b>	<b>CUNETAS y ANDÉN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 1,441,829.72</b>	<b>C\$ 1,441,829.72</b>
1& 2	Cuneta	ML	3982.00	C\$ 236.03	C\$ 939,877.11
	<i>Piedra cantera</i>	<i>U</i>	<i>21,207.00</i>	<i>C\$ 35.00</i>	<i>C\$ 742,245.00</i>
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>1246.00</i>	<i>C\$ 135.00</i>	<i>C\$ 168,210.00</i>
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>170.07</i>	<i>C\$ 173.00</i>	<i>C\$ 29,422.11</i>

<sup>27</sup> Incluye IVA y acarreo

Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	PRECIO UNI	TOTAL
3	Andén de concreto	ML	3982.00	C\$ 126.05	C\$ 501,952.61
	Cemento	BLS	2670.00	C\$ 135.00	C\$ 360,450.00
	Arena Motastepe	M3	112.57	C\$ 173.00	C\$ 19,474.61
	Grava	M3	187.45	C\$ 560.00	C\$ 104,972.00
	Reglas de 1"x3"x6vrs	U	208.00	C\$ 82.00	C\$ 17,056.00
<b>V</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 2,500,708.08</b>	<b>C\$ 2,500,708.08</b>
1	Capa de arena	M3	910.00	C\$ 175.18	C\$ 159,410.00
	Arena Motastepe	M3	910.00	C\$ 173.00	C\$ 157,430.00
	Cuartones de 2"x2"x6vrs	U	18.00	C\$ 110.00	C\$ 1,980.00
2	Adoquinado	M2	14,000.00	C\$ 155.80	C\$ 2,181,175.64
	Medio adoquines	U	21,840.00	C\$ 4.80	C\$ 104,832.00
	Adoquines	U	282,534.00	C\$ 7.31	C\$ 2,065,323.54
	Arena Motastepe (sello)	M3	63.70	C\$ 173.00	C\$ 11,020.10
3	Viga transversal	ML	162.00	C\$ 81.61	C\$ 13,221.53
	Cemento	BLS	60.73	C\$ 135.00	C\$8,198.55
	Arena Motastepe	M3	2.56	C\$ 173.00	C\$ 442.88
	Grava	M3	4.26	C\$ 560.00	C\$ 2,385.6
	Acero #3	qq	2.09	C\$ 1050.00	C\$ 2,194.50
4	Viga de remate	ML	4,000.00	C\$ 36.73	C\$ 146,900.91
	Cemento	BLS	481.95	C\$ 135.00	C\$ 65,063.25
	Arena Motastepe	M3	20.32	C\$ 173.00	C\$ 3,515.36
	Grava	M3	33.83	C\$ 560.00	C\$ 18,944.80
	Acero #3	qq	56.55	C\$ 1050.00	C\$ 59,377.50
<b>VI</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 19,106.01</b>	<b>C\$ 19,106.01</b>
1	Vado de concreto	U	2.00	C\$ 9,553.005	C\$ 19,106.01
	Cemento	Bls	57.00	C\$ 135.00	C\$ 7,695.00
	Arena Motastepe	M3	2.37	C\$ 173.00	C\$ 410.01
	Grava	M3	3.95	C\$ 560.00	C\$ 2,212.00
	Acero #3	Qq	4.08	C\$ 1050.00	C\$ 4,284.00
	Reglas de 1"x3"x6vrs	U	50.00	C\$ 82.00	C\$ 4,100.00
	Alambre de amarre	Lbs	27.00	C\$ 15.00	C\$ 405.00
<b>VII</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 27,608.00</b>	<b>C\$ 27,608.00</b>
	Pintura retrorreflectiva	GLN	43.00	C\$ 456.00	C\$ 19,608.00
	Rótulos	GLB	1.00	C\$ 8,000.00	C\$ 8,000.00
<b>VIII</b>	<b>ENTREGA FINAL</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>-----</b>	<b>-----</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 4,008,771.81</b>

**Tabla V.5: Costos en pagos de materiales.**

**Fuente: Propia**

ALQUILER DE MAQUINARIA				
PRIMERA ETAPA: TRAMO UNICO				
Nº	ACTIVIDAD/EQUIPO	HRS	PRECIO HRS	TOTAL
II	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	--	--	\$ 90.00
	Todo el módulo	GLB	--	\$ 90.00
III	MOVIMIENTO DE TIERRRA	6.90	\$ 1,447.54	\$ 27,958.70
1	Corte	33.00	\$ 70.00	\$ 2,310.00
	Tractor D7R LGP (180HP)	33.00	\$ 70.00	\$ 2,310.00
2	Relleno	20.00	\$ 120.00	\$ 2,400.00
	Tractor D7R LGP (180HP)	20.00	\$ 70.00	\$ 1,400.00
	Vibrocompactadora de rodillo CS 533C	20.00	\$ 50.00	\$ 1,000.00
4	Botar material sobrante	18.54	\$ 170.41	\$ 3,159.40
	Cargadora frontal 930	18.54	\$ 40.00	\$ 741.60
	Camión Volquete DT 466E	69.08	\$ 35.00	\$ 2,417.80
3	Conformación y compactación	5.93	\$ 128.00	\$ 759.04
	Motoniveladora 120H (180HP)	5.93	\$ 78.00	\$ 462.54
	Vibrocompactadora de rodillo CS 533C	5.93	\$ 50.00	\$ 296.50
5	Botar residuos de la conformación	4.00	\$ 140.10	\$ 560.40
	Cargadora frontal 930	4.00	\$ 40.00	\$ 160.00
	Camión Volquete DT 466E	11.44	\$ 35.00	\$ 400.40
6	Explotación de banco	40.00	\$ 60.00	\$ 2,400.00
	Excavadora 318B L	40.00	\$ 60.00	\$ 2,400.00
7	Acarreo de material selecto	20.00	\$ 170.25	\$ 3,405.00
	Excavadora 318B L	20.00	\$ 60.00	\$ 1,200.00
	Camión Volquete DT 466E	63.00	\$ 35.00	\$ 2,205.00
8	Primera capa de BASE	49.20	\$ 97.15	\$ 4,779.93
	Motoniveladora 120H (180HP)	19.173	\$ 78.00	\$ 1,495.49
	Cisterna	19.173	\$ 43.00	\$ 824.44
	Vibrocompactadora de rodillo CS 533D	49.20	\$ 50.00	\$ 2,460.00
9	Acarreo de material selecto	20.00	\$ 170.25	\$ 3,405.00
	Excavadora 318B L	20.00	\$ 60.00	\$ 1,200.00
	Camión Volquete DT 466E	63.00	\$ 35.00	\$ 2,205.00
10	Segunda capa de BASE	49.20	\$ 97.15	\$ 4,779.93
	Motoniveladora 120H (180HP)	19.173	\$ 78.00	\$ 1,495.49
	Cisterna	19.173	\$ 43.00	\$ 824.44
	Vibrocompactadora de rodillo CS 533C	49.20	\$ 50.00	\$ 2,460.00
			TOTAL	\$ 28,048.70
			TOTAL	C\$ 657,742.015
		Tipo de cambio =		C\$ 23.40

**Tabla V.6: Costos en pago de alquiler de maquinaria.**

**Fuente: propia**

NOTA: Estos precios incluyen el pago del operador para cada equipo.



La empresa consultada para el alquiler de maquinaria (TRAYMA) establece precios mínimos de usos y precios por adelantado de la siguiente manera:

- a.- Si la duración del uso de las maquinas es menor de 50 horas se paga el 100% del alquiler por adelantado.
- b.- Si el alquiler del equipo supera las 50 horas de uso se paga por adelantado el 50% del costo total y el resto se paga según contrato de alquiler.
- c.- Se establece una tarifa mínima de 4 horas diarias por equipo ya sea que éste trabaje o no, esto se verifica mediante un dispositivo llamado nanómetro, el cual mide el tiempo de trabajo de la maquina.

### **A.3.- Costos en pago de mano de obra.**

El pago de planilla se determina mediante un salario base diario el cual es afectado por algunos factores que también intervienen, si el pago se realiza “por metro”, los factores son:

Salario base = El correspondiente a cada tipo de trabajo

Prestaciones = 1.357

Seguro social 12.5%

Viáticos 15%

Aguinaldo 8.3%

Salario real = 1.36

Varios = 1.11

Herramientas 3%

Mano de obra 8%

Salario devengado = (Salario base) x1.357x1.36x1.11

Considerando los factores anteriores, el salario base para cada tipo de especialidad queda como se indica en la columna “Pago por UM”, se debe señalar que el salario devengado, descrito anteriormente se basa en las planillas de pago que la alcaldía de Ticuantepe suministró a los autores.

COSTOS EN PAGO DE MANO DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	Pago por UM	Total a pagar
<b>I</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 18,720.00</b>	<b>C\$ 18,720.00</b>
3	Nivelación	ML	4,000	C\$ 4.68	C\$ 18,720.00
<b>II</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 5,518.36</b>	<b>C\$ 5,518.36</b>
1	Corte	HRS	66.00	C\$ 20.14	C\$ 1,329.24
2	Relleno	HRS	35.00	C\$ 20.14	C\$ 704.90
3	Conformación y compactación	HRS	35.00	C\$ 20.14	C\$ 704.90
7	Revestimiento (Base)	HRS	138.00	C\$ 20.14	C\$ 2,779.32
<b>IV</b>	<b>CUNETA Y ANDÉN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 466,904.64</b>	<b>C\$ 466,904.64</b>
1	Cuneta	U	21,217.00	C\$ 8.00	C\$ 169,736.00
	Colar arena	M3	60.50	C\$ 12.20	C\$ 738.10
	Repello	ML	4,000.00	C\$ 17.39	C\$ 69,576.00
2	Andén de concreto	M2	3,982.00	C\$ 56.97	C\$ 226,854.54
<b>V</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 433,856.84</b>	<b>C\$ 433,856.84</b>
2	Adoquinado	M2	14,000.00	C\$ 21.73	C\$ 304,231.20
	Colar arena	M3	63.70	C\$ 12.20	C\$ 777.08
3	Viga transversal	ML	189.00	C\$ 46.80	C\$ 8,845.2
4	Viga de remate	ML	4,000.00	C\$ 29.00	C\$ 116,016.00
5	Reparaciones	HRS	120.00	C\$ 33.23	C\$ 3,987.36
<b>VI</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 4,703.14</b>	<b>C\$ 4,703.14</b>
1	Vado de concreto	M2	32.20	C\$ 71.57	C\$ 2,304.55
	Armadura	qq	4.08	C\$ 130.00	C\$ 530.40
	Hacer concreto	M3	5.52	C\$ 212.60	C\$ 1,173.55
	Fundir concreto	M3	5.52	C\$ 125.84	C\$ 694.64
<b>VII</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 7,056.00</b>	<b>C\$ 7,056.00</b>
	Todas	HRS	48.00	C\$ 147.00	C\$ 7,056.00
<b>VIII</b>	<b>ENTREGA FINAL</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 33,600.00</b>	<b>C\$ 33,600.00</b>
1	Limpieza final	M2	14,000.00	C\$ 2.40	C\$ 33,600.00
	<b>TOTAL</b>				<b>C\$ 970,358.98</b>

Tabla V.7: Costos en pago de mano de obra.

Fuente: Propia

**Resumen de costos.**

Tramo	Costos en materiales	Costos en maquinaria	Costos en mano de obra	Suma Total
2km	C\$ 4,008,771.81	C\$ 657,742.015	C\$ 970,358.98	C\$ 5,636,872.81

**Tabla V.8: Detalles de costos directos.**

**Fuente: Propia**

La suma total representa los costos directos (CD) de la obra, es decir los  
COSTOS DIRECTOS = C\$ 5,636,872.81 (CINCO MILLONES SEICIENTOS  
TREINTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS CON 81/100  
CÓRDOBAS.

Cuando las empresas están empezando deberán estimar sus costos de administración en un período ejecutado de contratos repartidos porcentualmente a ellos; cuando la empresa tiene datos estadísticos de sus gastos y del volumen de contratos realizados en período de tiempo definidos podrán obtener un porcentaje que aplicarán a la suma de los costos directos prorrateándolos por volumen financiero.

En realidad no existen definiciones ni reglas para aplicar porcentajes a los costos directos para poder obtener los indirectos, más que seguir el siguiente precepto:

“Calcular lo más preciso, los gastos propios de los costos indirectos o utilizar índices estadísticos, para añadirlos a los costos directos o aplicarlos como porcentajes de los mismos”.

Con lo leído anteriormente asumimos los porcentajes para costos indirectos en este proyecto del 3% para costos indirectos de operaciones y 7% para costos indirectos de obras, ya que basados en datos estadísticos de varias empresas constructoras lo asumimos como lo más idóneo para la ejecución de este proyecto

**B.- Costos Indirectos.**

**B.1.- Costos indirectos de operación (administración)**

B.1.1.- Organización de la empresa

B.1.2.- Costos de la oficina central

Se considerará un 3% sobre los costos directos.

**B.2.- Costos indirectos de obra**

B.2.1.- Organización de la obra

B.2.2.- Costos de oficina de obra

Se considerará un 7% sobre los costos directos.

**B.3.- Imprevistos:**

Para los imprevistos se tomará un 1%

**B.4.- Financiamiento de garantías**

**Mantenimiento de oferta.**

Se considera 1% de costos directos mientras dure el proceso de licitación (2 meses máximos)

**Cumplimiento de contrato**

Se considera 20% de los costos directos

**Adelantos**

Se considera 40% del coste de los costos directos

**Vicios ocultos**

Se considera 5% anual

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * \text{Total de fianzas} * \text{Costos Directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * (66\%) * \text{Costos Directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{1.98\%}{\text{mes}} * \text{Costos Directos}$$

$$\text{Duracion} = 167.9 \text{ dias} * \frac{\text{mes}}{30 \text{ dias}} = 5.60 \text{ meses} \approx 6 \text{ meses}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * 6\text{meses} * \text{Costos Directos} = 18\% * \text{Costos Directos}$$

Entonces, el factor de sobre costo (Fsc) se estima así:

Costos indirectos de operación	C\$ 3%
Costos indirectos de obra	C\$ 7%
Imprevistos	C\$ 1%
<u>Financiamiento</u>	<u>C\$ 18%</u>
Fsc	C\$ 29%

Costos indirectos =  $CD \times Fsc$

Costos indirectos = C\$ 5,636,872.81 x 0.29

Costos indirectos = C\$ 1,634,693.115

**C.- Costo Total de la obra (Precio Base)**

Costos Directos	C\$ 5,636,872.81
<u>Costos Indirectos</u>	<u>C\$ 1,634,693.115</u>
<b>Sub total</b>	<b>C\$ 7,271,565.925</b>

Utilidades (7%)	C\$ 509,009.615
-----------------	-----------------

<b>Total sin impuestos</b>	<b>C\$ 7,780,575.54</b>
----------------------------	-------------------------

Impuesto municipal (1%)	C\$ 77,805.76
-------------------------	---------------

<u>Retención pos servicio de construcción (2%)</u>	<u>C\$ 155,611.51</u>
--	-----------------------

<b>Total sin IVA</b>	<b>C\$ 8,013,992.811</b>
----------------------	--------------------------

<u>IVA (15%)</u>	<u>C\$ 1,202,098.922</u>
------------------	--------------------------

<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 9,216,091.727</b>
--------------	--------------------------

## **CONCLUSIONES**

En nuestra investigación de Diseño y Planeación para la pavimentación de un tramo vial de 2km, como vía de acceso hacia la comunidad Pablo Calero en el municipio de Ticuantepe, se realizaron los diferentes tipos de estudios de ingeniería requeridos para efectuar dicho proyecto, también se ejecutaron los diseños propios para el camino, considerando las normas del Manual centroamericano y especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales NIC-2000

Para efectuar el diseño geométrico se respetó al máximo la topografía existente para la selección del radio, para las curvas horizontales. La curva horizontal uno inicia en la estación 0+319.10m y concluye en la estación 0+360.70m cuyo radio de curvatura es de  $R=152.20\text{m}$  con una externa de  $E= 1.43\text{m}$  una tangente considerada de  $23.104\text{m}$  la cuerda máxima fue de  $CM= 41.42\text{m}$  la longitud de curvatura de  $41.55\text{m}$  mediana de  $1.42\text{m}$  el peralte en este estacionamiento para la curva de transición fue de  $4.97\%$ .

La curva dos inicia en la estación 0+616.96m y finaliza en la estación 0+662.782m, tiene un radio de  $R=145.0\text{m}$  tiene una externa de  $E=1.829\text{m}$  con una tangente considerada de  $23.104\text{m}$  la cuerda máxima fue de  $CM=45.632\text{m}$  la longitud de curvatura de  $45.822$  mediana de  $1.806\text{m}$  el peralte en la curva de transición fue de  $2.57\%$ .

La curva tres inicia en la estación 0+794.239m finaliza en la estación 0+883.381m tiene un radio de  $R=160.0\text{m}$  tiene una externa de  $E=6.4146\text{m}$  con una tangente considerada de  $45.761$  la cuerda máxima de  $CM= 87.9936\text{m}$  su longitud de curvatura de  $89.1418$  la mediana de  $6.1680\text{m}$  el peralte de la curva de transición calculada fue de  $0.78\%$

La curva cuatro inicia en la estación 0+941.07m y finaliza en la estación 1+016.65m la externa en esta curva fue de  $E=5.78\text{m}$  su tangente considerada 38.93m la cuerda máxima  $CM=74.49\text{m}$  la longitud de curvatura de 41.55m la mediana de 5.54m y el peralte en la curva de transición fue de 5.453 %.

La curva cinco inicia en la estación 1+096.55 y finaliza en la estación 1+178.71m tiene un radio de  $R=102.0\text{m}$  la externa fue de  $E=8.87\text{m}$  la tangente considerada de 43.455m la cuerda máxima  $CM=79.96\text{m}$  con mediana de 8.16m longitud de curvatura de 82.16m y con un peralte en la curva de transición de 5.908%.

Se trabajo con una velocidad de diseño de 50 km/h para el diseño de la vía. En las curvas verticales las cuales fueron tres se respeto en lo posible el relieve de la zona considerando el escurrimiento pluvial aprovechando los drenajes y pendientes naturales.

La curva vertical uno tiene una distancia de parada de 64.069m la curva vertical dos una distancia de parada de 66.562m y la curva tres una distancia de parada de 66.046m.

La sección típica que se considero fue de 2.7m la pendiente transversal fue de 2.5%.

Las consideraciones para el derecho de vía fueron de 13.6m y 6.7m. En el diseño hidráulico se consideraron los datos para el tramo de 620m la cuneta propuesta fue una con un pie de caite de 0.3m trabajamos por máxima eficiencia obteniendo una área hidráulica de  $0.09\text{ m}^2$  y dándonos como resultado un caudal de drenado mayor que el caudal de diseño.

En el diseño de estructura de pavimento.- se utilizo el método Murillo López de Souza se trabajo con una carga máxima de diseño de 5 toneladas, un transito medio, una precipitación de 1140.1 mm/año, obteniendo como resultado un diseño

de pavimento con un espesor de 27 centímetros base, no se considera el empleo de la sub-base, el espesor de adoquín es de 10 centímetros y una capa de arena de 5 centímetros.

En el estudio de suelos los sondeos se realizaron cada 250 m enviándose cada muestra al laboratorio obteniendo como resultados los siguientes tipos de suelos **A-2-4, A-1-b, A-1-a, A-4(4), A-4(2), A-4** Se obtuvo un CBR en 97.1%.

Al realizar el estudio de tránsito se realizó una proyección de 15 años con respecto al nivel de servicio.

Con las condiciones geométricas propuestas en el diseño de la vía esta trabajaría a un nivel de servicio A por lo tanto para que la vía funcione en un nivel de servicio B tendrían que pasar 15 años el estudio hidrológico se utilizó el método racional el cual nos proporciona un caudal de diseño  $Q = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$  para cunetas con una intensidad de  $I = 147.49 \text{ mm/h}$  y un tiempo de concentración 9.96 minutos.

En el impacto ambiental el mayor impacto negativo es el que se presentará en el movimiento de tierra ya que el polvo será de mucho daño para las viviendas aledañas y el impacto positivo se dará en la mejora del drenaje superficial ya que se evitarán charcas que conllevan a distintas enfermedades y creación de vectores.

El costo total de la obra será de **TOTAL C\$9,216,091.727** la obra inicia el 02/07/12 y finaliza el 20/02/13 teniendo una duración total de 182 días.



## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar el estudio de suelo en sondeo manual a cada 50mts, este permitirá obtener una idea más clara del cambio estratigráfico del suelo.
2. Se recomienda a las personas encargadas del diseño estructural e hidráulico, indagarse acerca de los mapas o planos hidráulicos y topográficos actualizados que incluyan el sitio de interés y así precisar los detalles de cualquier punto relevante para el diseño.
3. Se recomienda utilizar un banco de material selecto que se encuentre más cerca del lugar en proyecto ya que así incurriría en menos gastos y por ende este sería más viable económicamente.
4. Mantener la línea de las subrasante al nivel propuesto para que este tenga un nivel adecuado con respecto a los terrenos adyacentes, además, así se evitan los cambios en las pendientes, los cuales afecta directamente el diseño del drenaje longitudinal (cuneta).
5. Para colocar la estructura del pavimento deberá retirarse todo el material existente hasta la profundidad indicada en los planes del perfil longitudinal y reponerlo con el materia selecto recomendado, este se debe compactar en capas no mayores de 20 cm y al 95% de su densidad seca máxima, luego colocar el espesor indicado.

6. Se recomienda llevar un estricto control en la compactación del material selecto que conformará la estructura del pavimento y deberá eliminarse las partículas mayores de una pulgada y así obtener la densidad requerida.
7. Se recomienda la estabilización de taludes donde sean perjudiciales para la colocación de las cunetas y andenes, según sea el caso como se muestra en las secciones transversales.
8. Es recomendable que todas las estructuras de drenaje sean revisadas y limpiadas antes del periodo lluvioso.
9. Se recomienda colocar las señales de tránsito necesarias para dicho camino además de alguna otra que indique la especialidad de tránsito con el fin de eliminar al máximo cualquier riesgo de accidente.
10. Se recomienda cumplir al máximo con las especificaciones técnicas propuestas por este diseño y en caso que fuese necesario modificar algunas de estas, queda al criterio del constructor.

## **LISTA DE REFERENCIA**

- Código del trabajo de la Republica de Nicaragua
- Decreto No 76-2006, medidas de proyección y mitigación de los impactos en las construcciones, La Gaceta (2006)
- El drenaje en carreteras”, FUENTES JUSTO FÉLIX, San salvador, El Salvador, 1966. (p.79)
- Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes Nic. 2000 publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, Julio de 1999
- Estudio técnico económico de las calles MEBASA-La Aguja- Bo 26 de febrero, Márquez Carlos Iván & Urrutia Pérez Melvin René (2007)
- Folleto de Ingenia de transito, volumen del transito, capacidad y niveles de servicio.
- Folleto de “Transporte”, diseño geométrico unidad II
- *Ingeniería de carreteras por* Laurence Hewes I. (1965)

- Mecánica de suelos, JUAREZ BADÍO, tomo I.
  
- Manual de proyecto geométrico de carreteras de la secretaría de obras públicas de México.
  
- Normas y Procedimientos de Ejecución para Mantenimiento Vial, publicado por SIECA, autor, Ing. Jorge Coronado I, Consultor, Guatemala Dic. 2000
- Rico Alfonso & Castillo Hermilo, La ingeniería de suelo en las vías terrestre, Vol. 2, Limusa. México, 1978. (p.365)
  
- Topografía, MIGUEL MONTES DE OCA, Alfa Omega 1996, 4ta edición.
  
- Vías de Comunicación. Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. CRESPO VILLALAZ, Carlos. Limusa - Noriega Editores. México. 1999.

## **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

### **ESPECIFICACIONES GENERALES.**

Todas las obras deberán ser ejecutadas conforme los planos y especificaciones técnicas proporcionadas por el dueño, los volúmenes de obra se pagarán por unidad de medida totalmente terminada, conforme se indique en los planos, especificaciones técnicas y los precios establecidos en el presupuesto de la oferta presentada. Por lo tanto cualquier alcance de obra complementario que no este considerado deberá de ser notificado por escrito al supervisor del proyecto y esperar orientaciones al respecto.

El CONTRATISTA debe incluir todos los costos que sean necesarios, sin omitir alguna actividad, para evitar que sus costos presenten errores.

Cada Oferente, antes de presentar su oferta, tiene la obligación de visitar el sitio y lugar del proyecto para que pueda considerar todos los factores que influyan tanto en los costos, como en la calidad de las obras.

En caso de que existan contradicciones en los planos y especificaciones técnicas, el Ingeniero supervisor (Designado por la Alcaldía Municipal de Ticuantepe), decidirá tal incongruencia, dejando por escrito en el libro de Bitácora del proyecto la solución correcta. El CONTRATISTA debe solicitar por escrito tal decisión antes de empezar cualquier actividad, ya que si incurre en obras defectuosas, que castiguen la calidad o la seguridad estructural y se compruebe mal intención de su parte, será responsabilidad suya demoler y construir sin costo adicional para el dueño. Las Especificaciones Técnicas, Planos y Bitácora tienen el mismo peso.

El CONTRATISTA será responsable de los daños que ocasione a tuberías, cables, pavimentos, cunetas, aceras y estructura sobre y bajo la tierra, sean que estén o no indicadas en los planos; además, deberá por su cuenta asumir los gastos de protección de las mismas, repararlas o remplazarlas de ser necesario.

El CONTRATISTA tomará todas las precauciones necesarias para prevenir daños a terceros en la ejecución de la obra, esto en cualquier tipo de estructura sobre o bajo la tierra, este deberá de proteger y preservar la propiedad privada. Todo daño a terceros e infraestructura ocasionado por el CONTRATISTA correrá por su cuenta el total reparo de los daños. Además deberá garantizar la señalización preventiva del proyecto según la naturaleza del mismo.

El CONTRATISTA deberá de leer todas las especificaciones técnicas planteadas en este documento. Las especificaciones técnicas se apoyaran en el Nic-2000.

## **ESPECIFICACIONES DETALLADAS**

### **PRELIMINARES**

#### **Art. 1. Medidas de Pago**

Todos los trabajos preliminares se pagarán mediante unidades de medidas completamente terminadas, de acuerdo a los avances de los avalúos los cuales deberán de tener un avance mínimo del 15 % del monto del contrato, así como también con los precios y conceptos establecidos en el desglose de actividades (Etapas y Sub.-Etapas) en que se presente el presupuesto ofertado.

## **Art. 2. Construcciones e Instalaciones Temporales**

Las construcciones e instalaciones temporales que el CONTRATISTA requiera para la ejecución del proyecto, deberán ser consideradas en sus costos indirectos, con el fin de reducir costos, ya que lo que cobrará será el alquiler de las mismas y una vez finalizado el proyecto, podrán ser desinstaladas y regresadas a las bodegas del CONTRATISTA.

## **Art. 3. Demoliciones**

Consiste en la demolición de la carpeta asfáltica si es que esta existe

El costo de esta actividad deberá incluir carga y descarga de escombros así como el transporte del mismo que se incluirá en la actividad de demolición que aparece en los alcances del presente proyecto.

## **Art. 4. Limpieza Inicial**

El CONTRATISTA debe ubicar el sitio del Proyecto; los Planos que señalan los límites de la Obra y especifican los árboles, arbustos, plantas y objetos que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el Supervisor y por escrito en el Libro de Bitácora.

Todos los objetos de la superficie y todos los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitados de los últimos 50 centímetros superficiales.

Los materiales de desecho que no puedan ser quemados, podrán ser retirados del área deshaciéndose de ellos en lugares alejados del Proyecto y fuera de los límites visibles de éste, mediante permiso escrito del Supervisor y del Dueño de la Propiedad en la que se depositarán dichos desperdicios.

El CONTRATISTA deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio de la limpieza inicial.

En caso de que El CONTRATISTA no pueda quemar ó retirar los desechos en un tiempo razonable, del área del Proyecto y los mismos estorben para las subsecuentes operaciones de construcción, será responsabilidad de él trasladar dichos desperdicios a lugares provisionales donde no estorben las maniobras de construcción.

Todos los escombros producidos por la ejecución de las Obras del Proyecto serán depositados en el Vertedero Municipal o en el lugar que indique el Supervisor.

#### **Art. 5. Trazo y Nivelación**

Una vez limpia el área de trabajo donde se desarrollará el proyecto, EL CONTRATISTA deberá realizar el replanteo topográfico de todo el proyecto, para verificar todo lo concerniente a la planimetría y la altimetría indicada en planos, incluyendo la elevación de los BM ubicados en el sitio. En caso de encontrarse con alguna discrepancia o que los BM indicados en planos han sido removidos o afectados en su posición original, El CONTRATISTA deberá restablecerlos trasladando el nivel desde el BM más cercano aprobado por la supervisión.

Se hará el Trazo del Eje Central del Proyecto, el Trazo de Cunetas con un sólo alineamiento horizontal y Secciones en general para el Adoquinado, Vados indicados en los Planos o de las Secciones que se requieran y que sean exigidas por el Supervisor. El CONTRATISTA dispondrá el Equipo Topográfico necesario.

El CONTRATISTA trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel, o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas



que así tome. El CONTRATISTA será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Supervisor.

El CONTRATISTA comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los Documentos del Contrato. Niveletas, estacas de nivelación, tacos, etc., permanecerán en su posición hasta que el área de la construcción haya sido establecida permanentemente. El CONTRATISTA será responsable de proteger de daños todas las líneas, niveles y puntos de referencia y si se destruyen deberán ser reparados y repuestos por su cuenta, notificando al Supervisor. Cuando el trazo esté sustancialmente terminado solicitará si puede eliminarlos.

Si el CONTRATISTA tiene alguna inquietud sobre estos puntos, los Topógrafos de la Municipalidad revisará su trabajo, para que éste construya los bancos de nivelación y compactación tal como se describe en estas especificaciones, no obstante el CONTRATISTA asumirá el resguardo de estos puntos una vez revisado por dichos Topógrafos y el Supervisor.

#### **Art. 6. Rótulo**

El CONTRATISTA deberá instalar un rótulo, en el punto donde lo indique el Supervisor, este será metálico según diseño y especificaciones suministrados por el Dueño. El Costo del rótulo será asumido por el CONTRATISTA y será su responsabilidad mantenerlo en buen estado durante la Ejecución del Proyecto, este rótulo deberá ser instalado al iniciar la obra y debe garantizar el cuidado del mismo.

## **MOVIMIENTO DE TIERRA**

### **Art. 1. Trabajos Requeridos.**

Los trabajos requeridos para el movimiento de tierra de este proyecto deberá ser ejecutado de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Nic.- 2,000 utilizando para ello el equipo adecuado, a excepción de aquellos sitios o áreas en que por las características propias de obras propuestas a ejecutarse tengan que realizarse con equipo manual. Los trabajos incluidos en esta sección son:

- a) Preparación y limpieza del sitio.
- b) Trazo y Nivelación
- c) Corte y excavación.
- d) Nivelación y Conformación Compactada.
- e) Explotación de los Bancos de Materiales.
- f) Rellenos y Compactación con Mezcla de Hormigón y Material Selecto.
- g) Limpieza y Acarreo del material de desecho.

### **Art. 2. Conocimiento del Estudio de Suelos**

Es de ineludible responsabilidad por parte de EL CONTRATISTA conocer a fondo el estudio de suelos y en caso de cualquier situación diferente que resulte y/o se observe en el terreno que pueda poner en riesgo la estabilidad de las obras del proyecto, estas deberán ser puestas a su debido tiempo en conocimiento del DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN para analizar la situación y de ser necesario tomar las medidas adecuadas al respecto.

### **Art. 3. Preparación y Limpieza del Sitio de la Obra**

El sitio será entregado a como se encuentra y el CONTRATISTA será responsable de llevar a cabo en él todos los trabajos de demolición y limpieza de todas aquellas estructuras que existan y que afecten el desarrollo del proyecto, así como también la limpieza, el acarreo y el transporte de los materiales de desechos que resulten de las demoliciones y limpieza del área donde se propone ejecutar el proyecto.

### **Art. 4. Alcances**

Los trabajos de movimiento de tierra, comprenden el descapote, cortes y/o excavación, explotación de bancos de materiales; carga, descargue y transporte del material selecto, así como el procesamiento, compactación de terraza, sub-base y base, tienen que retirarse del sitio de la obra todo el material sobrante y desechos.

El CONTRATISTA hará todo lo necesario para llevar a cabo en forma técnica y apropiada la construcción de las obras de movimiento de tierra de acuerdo a los niveles indicados en los planos constructivos y cumpliendo a cabalidad con todas las disposiciones técnicas indicadas en el NIC-2,000.

### **Art. 5. Descapote, Corte y/o Excavación**

Los diferentes cortes (descapote, corte y/o excavación), consiste en el trabajo necesario para remover el material existente en el terreno hasta los niveles de desplante indicados en los planos constructivos, es aplicable para la construcción de calles, áreas de maniobra, estacionamiento y cualquier otro tipo de construcción horizontal y vertical a construirse en el proyecto.

El nivel de corte deberá ser respetado para así realizar el relleno con material selecto compactado que se requieren tanto en las terrazas para las edificaciones como para la base y sub-base que se requiere en las calles, áreas de maniobra y otros según lo indicado en planos constructivos y estas especificaciones técnicas. Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo. *Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo.*

En caso de encontrarse material inestable o depósitos de desechos orgánicos (basura) ésta será extraída y sustituido con material selecto compactado como mínimo al 95% Proctor. El fondo de toda excavación o corte deberá quedar de acuerdo al nivel indicado en los planos, *se deberá de escarificar 10 cm. y compactar como mínimo al 95% Proctor Estándar* donde se construirá el Adoquinado, antes de proceder a realizar los rellenos con material selecto compactado.

#### **Art. 6. Explotación de Bancos**

El banco de materiales a utilizar será el siguiente:

- Material selecto: Banco la Barranca, se localiza frente al Boulevard detrás de la iglesia Hossana de Masaya aproximadamente a unos 300 metros del KM 29 de la carretera Managua-Masaya ubicado a 6.2 Kilómetro.

Y similar de acuerdo a propuesta del CONTRATISTA siempre y cuando sean respaldados por el análisis de un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN.

El CONTRATISTA realizará los arreglos que sean necesarios con los dueños de los predios donde se encuentren ubicados los bancos de materiales seleccionados, para adquirir los derechos de explotación de los mismos, liberando a EL DUEÑO de toda responsabilidad en caso de incumplimientos con los acuerdos establecidos entre EL CONTRATISTA y el dueño del predio. Los costos en que se incurra por los análisis de laboratorio para respaldar la propuesta de utilizar cualquier banco de materiales correrán por cuenta de EL CONTRATISTA.

#### **Art. 7. Acarreo de Material Selecto**

Antes de realizar el acarreo el CONTRATISTA deberá de llevar a un laboratorio de materiales, previamente aprobado por EL DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN, una muestra del material selecto para verificar si las condiciones físico - mecánicas de estos no han cambiado desde el tiempo en que fueron muestreados originalmente los bancos de materiales.

El CONTRATISTA acarreará del banco de material selecto al proyecto en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abundamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará del banco establecido de acuerdo al estudio de suelo, en el caso de otros materiales que no estén presente en el Municipio, se podrá utilizar materiales de otros bancos que el CONTRATISTA estime conveniente siempre y cuando cumpla con las especificaciones técnicas, pruebas de laboratorio y cuente con la aprobación del Supervisor.

#### **Art. 8. Relleno**

El material selecto a usarse en los rellenos será de los bancos indicados en el artículo # 6, El material deberá estar libre de toda materia vegetal u orgánica, de pedazos de madera o sustancias contaminantes.

Si el CONTRATISTA quisiera utilizar otro banco de materiales deberá solicitarlo por escrito a la Supervisión, justificando el cambio y soportando su propuesta con resultados de estudios por un Laboratorio de Suelo, de reconocida capacidad y experiencia.

El relleno se realizará con una mezcla de dos materiales (esto es descrito en el artículo # 9). El relleno debe compactarse en capas uniformes no mayores a 20 centímetros de espesor dando no menos de 5 pasadas o las que recomiende el fabricante del equipo de compactación después de darle la humedad óptima hasta que alcance una densidad mínima del 95 % Proctor Standard, en esta actividad debe hacerse uso de equipo mecánico, al material a compactar se le debe dar la humedad necesaria.

Será responsabilidad del CONTRATISTA todo relleno defectuoso y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte incluye procesamiento. La Supervisión recibirá metro cúbico de relleno debidamente compactado el cual será tomado para efecto de pago (metro cúbico compactado). El material procesado no deberá de tener piedras de diámetro mayor a 1".

Las áreas para relleno deberán limpiarse de toda basura, material de desechos o impurezas. Las depresiones u hoyos bajo el nivel del suelo deberán ser rellenados con material selecto y compactado al 95 % Proctor Estándar.

- ✓ El material de relleno deberá ser depositado en capas de 10 a 20 centímetros de espesor por toda el área y será debidamente compactada cada capa al 95% Proctor Estándar, debiéndose controlar la humedad del material para lograr la compactación requerida para cada capa. Para comprobar la densidad del suelo después de la compactación, se deberá utilizar el método del cono y la arena.

El SUPERVISOR podrá ordenar la suspensión del trabajo si a su juicio, EL CONTRATISTA no estuviere utilizando los equipos adecuados tanto para la explotación de los bancos, los cortes y/o excavación, la nivelación y conformación compactada, el acarreo de los materiales, procesamiento, la mezcla, el procesamiento, la compactación y la nivelación definitiva para dejar un trabajo de tercería de primera calidad.

La supervisión efectuará pruebas de compactación en cada capa terminada de fondo de sub-rasante 95% Proctor Estándar; Sub-base 95% Proctor Estándar; Base 95% Proctor Estándar, estas pruebas serán ordenadas por EL SUPERVISOR y serán realizadas a cada 100 m de distancia. Debido al control se deberá de elaborar, de común acuerdo con EL CONTRATISTA, el programa de compactación y control de la misma a fin de evitar atrasos en la ejecución del proyecto. Los costos de las pruebas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

En el caso que al realizar dichas pruebas, resulte una densidad inferior a la estipulada en estas especificaciones, el CONTRATISTA está obligado a realizar las reparaciones y en el caso extremo la sustitución de toda la sub-base o base, los costos que se incurra durante el reparo o eliminación de la misma, si fuera necesario, correrán por cuenta del CONTRATISTA sin perjuicio de la calidad de la Obra.

El CONTRATISTA será responsable por la perfecta estabilidad de todos los trabajos realizados por lo cual deberá proteger todas las obras ejecutadas de imprevistos y en caso de daños a las mismas reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañado por la lluvia, descuido o negligencia de su parte, incluyendo taludes de estabilización del relleno.

## **Art. 9. Estructura y Carpeta de Rodamiento**

El material para la base corresponde al material del banco A “Hormigón Rojo La Barranca” La estructura de la carpeta de rodamiento será la siguiente:

Base: 27 Centímetros de espesor.

Arena: 5 Centímetros

Adoquín: 10 Centímetros

## **Art. 10. Nivelación**

Los rellenos deben de efectuarse hasta suficiente altura para que después del asentamiento por la compactación, éste quede de acuerdo con las elevaciones indicadas en los planos de niveles y terrazas.

## **Art. 11. Limpieza y Acarreo de Materiales Sobrantes de Corte**

Terminados los trabajos de movimiento de tierra el CONTRATISTA desalojará el material sobrante de corte y removerá del sitio todos los escombros y basuras resultantes dejando el sitio limpio, nítido y en condiciones de iniciar las obras subsiguientes.

## **ADOQUINADO**

### **Art. 1. Alcances del Trabajo**

Los trabajos de Carpeta de rodamiento consisten en proveer los materiales, equipos, mano de obra calificada y demás requisitos para construcción, calles revestidas con adoquín y otras obras exteriores de infraestructura indicados en planos.



## **Art. 2. Calles con Pavimento de Adoquín**

### **a) - Materiales a utilizar:**

- Arena Motastepe.
- Arena Fina Motastepe
- Adoquín y ½ adoquín (de 3,500 PSI)
- Piedra triturada
- Cemento
- Agua

### **b) – Manejo de los a Adoquines:**

El transporte y manejo de los adoquines desde la planta al proyecto se realizará de la manera mas ordenada, para evitar su deterioro y alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.

b.1 – Los adoquines se transportarán en Volquetas o camiones plataforma, ordenados en estibas, la operación de cargue y descargue se realizará a mano por “Voleo”, nunca como piedra en un cargador ni por “Volteo” de la Volqueta.

b.2 – Los adoquines en la obra deberán ser estibados con alturas no mayor de 1.50 metros, para evitar cualquier posible derrumbe y que estén a la disposición del alcance de la mano de cualquier obrero de la construcción.

b.3 – Dentro de la obra se utilizarán carretillas para llevar los adoquines desde las estibas hasta donde están los colocadores, con el fin que estos tengan a mano las unidades suficientes.

**c) – Arenas, Tipo y Calidad:**

Para la construcción de pavimentos con adoquín se utilizarán dos tipos de arena, una gruesa para la capa debajo de los adoquines y la otra fina para el sello de las juntas. El zarandeo, lavado y almacenamiento de las arenas se deberá hacer sobre un piso duro, preferiblemente de concreto para evitar así cualquier tipo de contaminación con materiales del suelo o terreno natural.

c.1 – La arena de tipo gruesa para la cama debajo de los adoquines deberá ser Motastepe, como la que se usa para el concreto, *pasada por una malla # 4 o zaranda de 2 x2 (con huecos de 1x1 centímetro de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño que contenga.

c.2 - La arena de tipo fina para el sellado de las juntas entre adoquines deberá ser como la que se usa para los repellos, *pasada por una malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5 x 2.5 milímetros de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño y materiales vegetales u otros elementos contaminantes.

**d) – Esparcido de la capa de arena por debajo del adoquín:**

La capa de arena gruesa debajo del adoquín tiene tres funciones que son:

d.1 - Servir de filtro para el agua que se pueda penetrar por las juntas.

d.2 - Ayudar a que los adoquines se amaren entre sí.

d.3 - Que sirva de colchón amortiguador al pavimento con adoquín.

Por lo tanto el rango permisible de espesor es 3- 5 cm.

**e) – Instalación de Adoquines:**

La instalación de los adoquines se realizará sobre la capa de arena gruesa debidamente esparcida, garantizando la correcta alineación y nivelación (longitudinal y transversal), todo de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

e.1 – Es importante que tanto el patrón como la alineación de los adoquines se mantenga a lo largo y ancho de la vía o área que se vaya a pavimentar con adoquín, con el propósito de que se vea uniformidad en la alineación longitudinal y transversal de los mismos. *En este proyecto el eje central de la calle se definirá con la colocación de medios adoquines.*

e.2 – Para garantizar la alineación y la nivelación correcta de los adoquines es necesario que el CONTRATISTA establezca mediante lienzas o hilos las escuadras longitudinales y transversales en cuadrantes de 5x5 metros y chequear las hiladas de adoquín mediante el método práctico de escuadras 3 – 4 - 5 metros (donde los 5 metros son la diagonal).

e.3 – La instalación de adoquines se realizará directamente sobre la capa de arena debidamente esparcida y ya enrazada, cada adoquín se tomará manualmente y sin asentarlos se recuesta a tope con los adoquín vecinos ya instalado, sin dejar a propósito una junta abierta, ya que por las mismas irregularidades del adoquín y su colocación se genera que *en promedio tener una abertura de 2 a 3 milímetros (Nunca deberá ser de 5 milímetros).*

e.4 – El ajuste del adoquín, tanto vertical como horizontal, deberá realizarse mediante golpes, utilizando para esto un martillo o mazo con cabezal de caucho.

**f) - Aceptación del Adoquín colocado:**

El CONTRATISTA no colocará la carpeta de rodamiento hasta no tener el visto bueno por parte de la Supervisión, y esta se asegure que la base cumple con las especificaciones que se exigen en el pliego de base. Todo adoquín que resulte fracturado será retirado y cambiado por cuenta del CONTRATISTA no haciéndole pago ni compensación alguna por esto, además en los extremos se deberá de utilizar medios adoquines y no se permitirá partir o quebrar adoquines enteros para

este fin. EL DUEÑO no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, acabado deficiente y/o con aristas quebradas, es obligación del CONTRATISTA adquirir adoquines de la calidad especificada y que sean a entera satisfacción del DUEÑO. La superficie adoquinada una vez terminada deberá tener un bombeo del 2.5% para facilitar el escurrimiento del agua.

**g) – Sellado de Juntas:**

El sellado de las juntas se realizará con el tipo de arena fina, pasada por malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5x2.5 milímetros, sin ningún tipo de material Cementante (Cal o Cemento).

g.1 – La arena para sellar las juntas entre los adoquines deberá ser como la que se utiliza para los morteros de repello, la cual debe de estar totalmente seca y no tener granos de más de 2.5 milímetros de grosor.

g.2 - La arena fina para el sello de las juntas deberá estar libre totalmente de materias contaminantes y totalmente seca.

**h) – Compactación Final y Limpieza:**

La compactación final de la carpeta de adoquín se realizará con una Vibro compactadota de rodillo manual o mecánica, pero garantizando el barrido simultáneo o alterno del sello de arena.

h.1 – Es muy importante garantizar que la arena no se empaste sobre los adoquines, ni que se formen morros que permitan hundir los adoquines al pasar la vibro compactadota de plato.

h.2 – Una vez selladas las juntas se deberá dar al menos cuatro pasadas con el vibro compactador de rodillo en diferentes direcciones, traslapando cada recorrido o las pasadas que sean necesarias para garantizar que los adoquines queden completamente firmes.

h.3 – La arena fina sobrante utilizada para el sello se deberá dejar sobre el pavimento durante dos semanas salvo que por motivos de lluvia o riesgos de accidentes la SUPERVISIÓN y/o el DUEÑO determinen lo contrario.

h.4 - Una vez terminados los trabajos de sellado y compactación final del pavimento con adoquín, el CONTRATISTA deberá dejar el área completamente limpia lo cual será requisito indispensable para poder realizar la recepción del proyecto.

#### **i) – Pruebas de resistencia del adoquín**

El adoquín será sometido a pruebas de compresión, por cada 10,000 adoquines se romperán 10 cuya resistencia deberá de ser como mínimo de 3,500 psi, para poder ser colocados en la obra. Estas pruebas deberán de ser hechas en un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN. Y correrán a costo del CONTRATISTA.

#### **CUNETAS, BORDILLOS Y VIGAS**

En los lugares donde existan portones de acceso a viviendas o negocios se deberá de dejar el bordillo en 10cm para permitir el acceso de vehículos.

##### **- Cunetas**

Las cunetas serán de piedra Cantera de primera calidad procedente de la Cantera de San Sebastián de Diriamba, Carazo. Las cunetas tendrán repello y fino integral con piqueteo loco, todo de acuerdo con los detalles indicados en planos. Se deberá de curar como mínimo tres días consecutivos tres veces al día. Se utilizará

tanto para las juntas y repello un mortero de 3,100 psi proporción 1:4, con la siguiente dosificación por m<sup>3</sup>:

-Cemento: 8.5 bolsas

-Arena: 1.16 m<sup>3</sup>

#### **- Vigas Longitudinales para Adoquinado:**

Las vigas de remate deberán ser de concreto simple de 3500 PSI, y manteniendo los niveles superiores de la rasante de la calle o área de pavimento con las dimensiones siguientes 7.5 cm x 15 cm.

Se utilizará una proporción de 1:1 ½:2 ½ con la siguiente dosificación por m<sup>3</sup>:

-cemento: 10.2 bolsas

-arena Motastepe: 0.43 m<sup>3</sup>

-grava: 0.716 m<sup>3</sup>

#### **- Viga Transversal para Adoquinado:**

Considerando que el confinamiento del adoquinado es esencial para su funcionamiento, se construirán vigas transversales con dimensiones de 15 x 20 centímetros entre los adoquines y vados a construir estas deberán de ser de concreto simple de 2500 PSI. El Supervisor indicará el momento de su construcción.

### **OBRAS DE DRENAJE**

Se construirán Vados de Concreto Simple en los lugares indicados según los planos que los muestran, el concreto para la construcción de estos no tendrán una resistencia menor de 3,500 Psi.

El curado será tres veces diario durante 15 días consecutivos. El tránsito no podrá ser abierto como mínimo 14 días después de concluido el trabajo, por lo cual El CONTRATISTA deberá incluir en sus costos los trabajos de desvío del tráfico

vehicular y de su posterior restauración. En el caso de no poder construir este desvío, El CONTRATISTA deberá proponer al Supervisor una alternativa de solución que permita el tráfico sin poner en riesgo la seguridad del Vado, de manera que no sea sometido a cargas antes de su período de endurecimiento.

#### **- Pruebas de compresión al concreto**

El Supervisor controlará la calidad del hormigón y El CONTRATISTA deberá pagar por todo el costo de tomar muestras y hacer ensayos. El CONTRATISTA cooperará suministrando el material y la mano de obra para las pruebas y cuando sea necesario proveerá el espacio para fines de almacenamiento. Cualquier ensayo o prueba que sea necesario llevar a cabo debido a que el hormigón no llena las especificaciones, también deberá ser pagado por El CONTRATISTA.

La Supervisión determinará en el campo el número de muestras para los ensayos de laboratorio (cilindros), del concreto a utilizarse en las diferentes etapas y sub etapas del proyecto y el costo de las mismas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

Cuando la fatiga de ruptura a la compresión de cualquier cilindro sea inferior a la resistencia para la clase de hormigón especificado, el diseño de la mezcla y contenido de agua deberá ajustarse para producir la resistencia especificada para el hormigón que se coloque subsiguientemente. Además, el inspector puede ordenar un período adicional del curado para aquella sección de la estructura donde se ha colocado el hormigón de resistencia dudosa.

La colocación o vertida de todo el hormigón se hará de acuerdo con la norma 318-63 del ACI y en la forma que aquí se modifica. La vertida del hormigón se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala, las que acusen señales de segregación. No se tolerará la

colocación de mezclas que acusen un principio de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante el hormigonado. Todo el hormigón se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa.

## **SEÑALIZACION VIAL**

### **- Señalización Horizontal**

Este trabajo consistirá en la pintura de marcas de tráfico sobre el eje central del adoquinado, de acuerdo a las dimensiones señaladas en los planos. (El color de la pintura a utilizar es amarillo y será una línea continua). El trabajo comprenderá las rayas, símbolos que se puedan colocar sobre la superficie de rodamiento. La pintura a utilizar será:

Tipo A – Pintura convencional de tráfico con esferas de vidrio de tipo 1.

Metodología de trabajo: Las partículas sueltas, suciedad, alquitrán, grasas y otros materiales deberán ser removidas de la superficie a ser marcada.

### **- Señalización Vertical**

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales verticales (rótulos), incluyendo accesorios como poste, marco y tableros todo de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

El tablero será una sólo pieza hecha de aluminio o lamina de acero y tendrá la cara reflecto rizada (usar pintura reflectora). Dimensiones 60 x 60 centímetros y flechas de 60 x 25 centímetros. Si se utiliza tablero de aluminio el espesor mínimo será de 2 mm. El poste a utilizar será de Ho Go de 2 x 2 pulgadas. El tablero se fijará al poste por medio de pernos de acero.



## **LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA**

El Contratista deberá cumplir con todo lo referente a limpieza y acabado final de la obra y su entorno. Las áreas utilizadas como bancos de préstamo, pedreras, plantas trituradoras, etc., deberán quedar libres de todo desperdicio y conformadas de acuerdo al relieve natural del sitio.

Los sitios utilizados como áreas de explotación de yacimientos de materiales deben permanecer reconformados, con taludes suaves que dificulten la erosión, reforestados o al menos en condiciones adecuadas que permitan la regeneración natural. Los sitios de desvíos, retornos, caminos de acceso y botaderos deben ser reacondicionados y reforestados de acuerdo al entorno natural, salvo en casos donde el propietario del terreno solicite lo contrario. Esto deberá ser avalado por una carta de aceptación firmada por el Contratista, el Ingeniero y el propietario del lugar.

Las áreas de campamento de mantenimiento y estacionamiento de equipo, talleres, etc., deben quedar limpias, libres de cualquier elemento que signifique riesgos de contaminación al medio ambiente. Toda obra ejecutada a lo largo de la vía debe permanecer en condiciones adecuadas tanto de limpieza como de funcionamiento.

Toda obra de drenaje Menor o Mayor, una vez finalizada debe quedar libre de obstáculos que impidan la libre circulación de las aguas, sobre todo en la entrada y salida de tuberías. El Contratista debe cumplir toda obligación referente a condiciones del Proyecto de acuerdo con el Contrato, las Especificaciones Generales de Construcción (NIC-2000), estas Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial y las Guías para los Sistemas de Protección Ambiental en Proyectos Viales emitidas por el MTI.

## ANEXOS

### TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA.

VEL DE PROY KPH	$L_T = m * a * e$			
	$m = 1.5625V + 75$			
	a=2.75	a=3.05	a=3.35	a=3.65
30	34	37	41	44
40	38	42	46	50
50	42	47	51	56
60	46	51	57	62
70	51	56	62	67
80	55	61	67	73
90	59	66	72	79
100	64	71	77	84
110	68	75	83	90

**Tabla A-1: Longitud de transición para caminos de dos carriles con e = 10%**

Tipo de terreno	Pendientes (%)
Llano o plano	$p \leq 5$
Ondulado	$5 > p \leq 15$
Montañoso	$15 > p \geq 30$

**Tabla A-2: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.**

Grado de curvatura	$0^\circ - 6^\circ$	$6^\circ - 15^\circ$	$15^\circ - 32^\circ$
Longitud de cuerda	20m	10m	5m

**Tabla A-3: Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de Curvas circulares.**

Vel de proyecto KPH	Vel de marcha KPH	Reacción.		Coef. de Fricción Longitudinal* $f_l$	Dist.de Frenado (m)	Distancia de visibilidad (m)	
		t (seg)	d (m)			Calculado	Red.
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	25
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	90
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.88	0.295	112.95	176.83	175

**Tabla A-4: Distancia de visibilidad de parada.**

\*La AASHTO consideró valores para pavimento mojado y a nivel.

Asentamiento U (%)	Factor de tiempo T	Asentamiento U (%)	Factor de tiempo T
0	0.000	55	0.238
10	0.008	60	0.287
15	0.018	65	0.342
20	0.031	70	0.405
25	0.049	75	0.477
30	0.071	80	0.565
35	0.096	85	0.684
40	0.126	90	0.848
45	0.159	95	1.127
50	0.197	100	$\infty$

**Tabla A-5: Relación teórica U – T Según A. W. Skempton**

ALTURA DEL RELLENO	INCLINACIÓN DEL TALUD: DIST HORIZONTAL x DIST. VERTICAL
Hasta 1.20m	4x1
Hasta 2.00 m	3x1
Hasta 4.00 m	2x1
Más de 4.00 m	1.50x1

**Tabla A-6: Inclinações típicas para materiales Utilizados en rellenos.**

Suelo	Humedad Óptima (%)
Arcilla pesada	17.5
Arcilla Limosa	15
Arcilla arenosa	13
Arena	10
Mezcla de grava, arena Y arcilla	7

**Tabla A-7: Humedad óptima de algunos tipos de suelos.**

NOTA: Existen nuevos métodos para estudiar el suelo uno de estos es la utilización del dispositivo llamado “Clegg Hammer Impact”, y otro método opcional es el “Geogauge”, ambos disponibles en la CIGEO-UNAN.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 <sup>A</sup>	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

<sup>A</sup> La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

<sup>B</sup> El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

**Tabla A-8: Sistema de clasificación AASHTO de los suelos.**

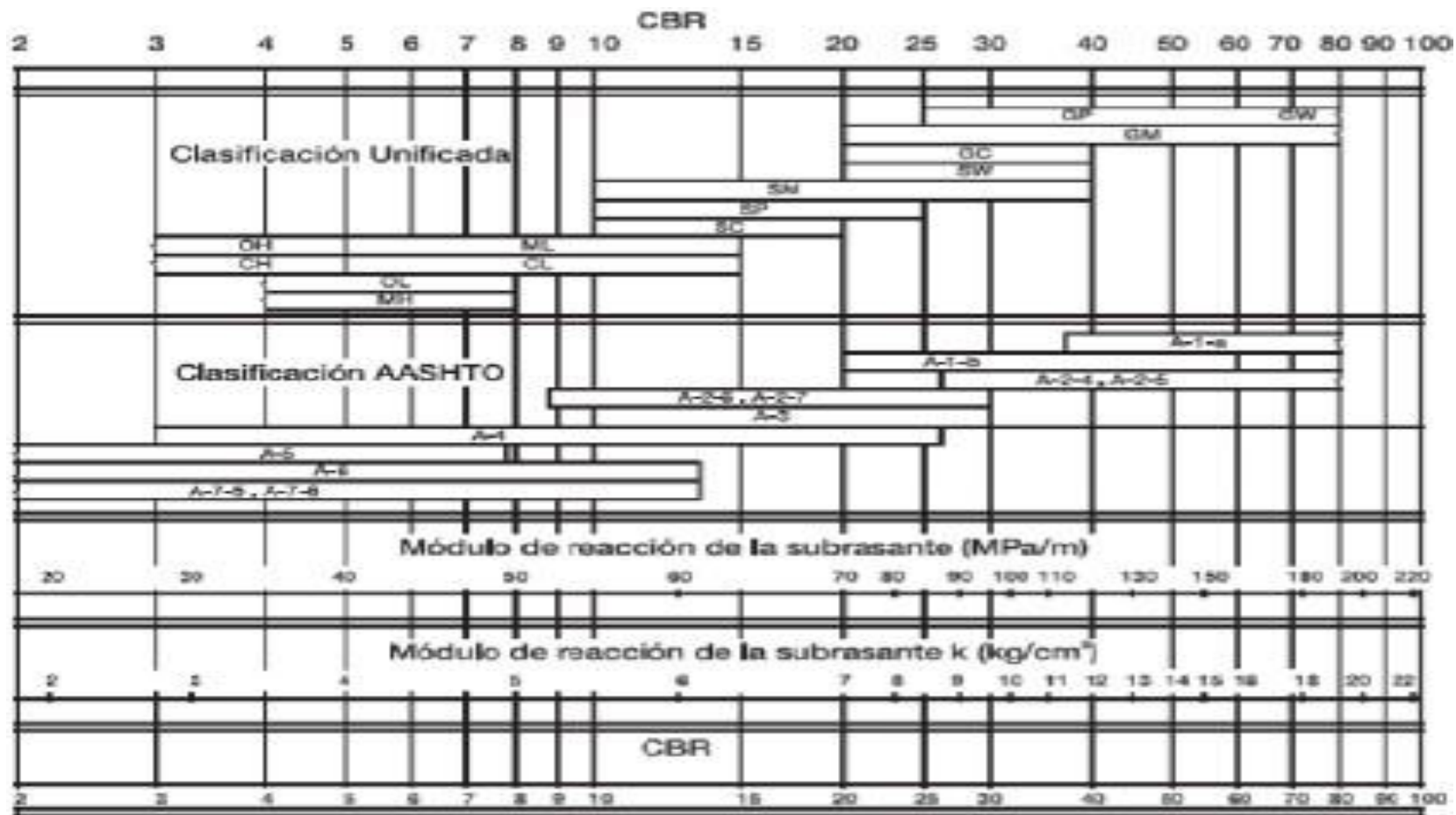


Tabla A-9: Relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores de CBR.

PVSS Kg/m³	PVSC Kg/m³	Densidad seca máxima Kg/m³	Humedad óptima	Ensaye CBR	% Que pasa por el Tamiz									LL (%)	IP (%)
					1½"	1"	¾"	½"	⅜"	#4	#10	#40	#200		
Banco de materiales “Hormigón Rojo La Barranca” (A)															
633	732	885	13	97.1	83	73	66	56	47	27	11	2	0	-	NP

**Tabla A-10: Resultados de ensayos a bancos de materiales.**

Simbología: PVSS: Peso Volumétrico seco suelto.  
 PVSC: Peso Volumétrico seco compacto  
 IP: Índice Plástico.

Grupo	Sub grupo	Índice grupo	CBR
A-1	A-1-a	0	37-80
	A-1-b	0	20-60
A-2	A-2-4	0	27-80
	A-2-5	0	27-80
	A-2-6	0-4	9-30
	A-2-7	0-4	9-30
A-3		0	10-30
A-4		0-8	3-27
A-5		0-12	2-7
A-6		0-16	2-13
A-7	A-7-5	0-20	2-13
	A-7-6	0-20	2-13

**Tabla A-11**

Índice de soporte	Tránsito liviano			Tránsito medio			Tránsito pesado		
	9000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx.			11,000 lb/rueda, menos de 750 veh com. por día, 20% con carga máx.			14,000 lb/rueda, mas de 750 veh com. por día.		
IS	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2	61	67	73	68	75	82	76	84	91
3	50	55	60	55	61	66	60	66	71

**Tabla A-12: Determinación del CBR según tipo de suelo**

Intensidad media Anual de lluvia	Incremento
Poca lluvia 800	0
Lluviosa 800 a 1500	10
Muy lluviosa más de 1500	20

**Tabla A-13: Porcentaje de incremento de los espesores según lluvia.**



4	43	47	52	47	52	57	51	56	61
5	38	42	46	42	46	50	46	51	55
6	35	39	42	38	42	46	41	45	49
7	32	35	38	35	39	42	38	42	46
8	30	33	36	32	35	38	35	39	42
9	28	31	24	30	33	36	32	35	38
10	26	29	31	28	31	34	30	33	36
11	25	28	30	27	30	33	29	32	35
12	24	26	39	26	29	31	28	31	34
13	29	25	28	25	28	30	27	30	33
14	22	24	26	24	27	29	26	29	31
15	21	23	25	23	25	28	25	28	30
16	20	22	24	22	24	27	24	26	29
17	19	21	23	21	23	25	23	25	28
18	18	20	22	20	22	24	22	24	26
19	18	20	22	19	21	23	21	23	25
20	17	19	21	18	20	22	20	22	24

**Tabla A-14: Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima por rueda de 5 toneladas.**

## Espesores en centímetros

**Espesores A:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

**Espesores B:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

**Espesores C:** para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.

Nivel de servicio (NS)	Terreno plano						Terreno ondulado						Terreno montañoso					
	Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

**Tabla A-15: Nivel de servicio (V/C) para carretera de dos carriles.**

Tomado de la Highway Capacity Manual de 1994.

Separación direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

**Tabla A-16: Factores de ajuste por distribución direccional del Tránsito en carreteras de dos carriles**

Hombro (m)	Carril 3.65m		Carril 3.35		Carril 3.05m		Carril 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

**Tabla A- 17: Factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos, carretera de dos carriles**

Tipo de vehículo	NS	Tipo de terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B - C	2.2	5.0	10.0
	D - E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B - C	2.0	3.4	6.0
	D - E	1.6	2.9	6.5

**Tabla A-18: Automóviles equivalentes por camiones y autobuses, en función del tipo de terreno, carretera de dos carriles.**

**Cuadro No. 4.16 Sobreancho en Curvas de Carreteras de dos Carriles**

Ancho Calzada	7.2 metros							6.6 metros							6.0 metros						
Radio de Curva	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)						
(m)	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8			0.9	1.0	1.0	1.1			
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9				1.0	1.1	1.1	1.2			
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1					1.2	1.3	1.3	1.4			
150	0.7	0.8						1.0	1.1						1.3	1.4					
140	0.7	0.8						1.0	1.1						1.3	1.4					
130	0.7	0.8						1.0	1.1						1.3	1.4					
120	0.7	0.8						1.0	1.1						1.3	1.4					
110	0.7							1.0							1.3						
100	0.8							1.1							1.4						
90	0.8							1.1							1.4						
80	1							1.3							1.6						
70	1.1							1.4							1.7						

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 217.

**Tabla A-19: Sobre ancho en curvas de carreteras de dos carriles.**

**Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cresta basados en las Distancias de Visibilidad de Parada y de Adelantamiento**

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Distancia de parada para diseño (m)	Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G*	Distancia mínima de adelantam. para Diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, long (m) por % de G*
30	30-30	30-30	3-3	217	50
40	40-40	45-45	5-5	285	90
50	47-50	60-65	9-10	345	130
60	55-60	75-85	14-18	407	180
70	67-70	95-110	22-31	482	250
80	70-80	115-140	32-49	541	310
90	77-90	130-170	43-71	605	390
100	85-100	160-205	62-105	670	480
110	91-110	180-245	80-151	728	570

\* Valores redondeados

**Tabla A-20: Distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento.**

Área	C
Pavimentos asfáltico	0.8 – 0.95
Pavimentos de hormigón	0.7 – 0.9
Pavimentos de piedra o ladrillo	0.35 – 0.7
Suelos impermeables con pendientes de 1 – 2%	0.4 – 0.65
Suelos ligeramente impermeables	0.1 – 0.3
Suelos moderadamente permeables	0.05 – 0.2
Terrenos agrícolas ondulados	0.33
Zonas planas no afectadas por inundaciones	0.2
Suelos arenosos, planos	0.05 – 0.1
Suelos arcilloso plano	0.13 – 0.17
Suelos arenoso inclinado	0.15 - 0.2
Suelos arcilloso inclinado	0.25 – 0.35

**Tabla A-21: Coeficiente de escorrentía según el Tipo de superficie.**

Naturaleza de la superficie	$\eta$	
	Mín.	Máx.
Superficie de cemento limpio	0.01	0.013
Tubería de madera.	0.01	0.013
Tubería de alcantarillado	0.01	0.017
Canales de metal liso	0.011	0.015
Concreto precolado	0.011	0.013
Superficie con mortero – cemento	0.011	0.015
Drenaje de barro común	0.011	0.017
Concreto monolítico	0.012	0.016
Ladrillo con mortero cemento	0.012	0.017
Hierro forjado	0.013	0.017
Acero remachado	0.017	0.020
Canales y surcos, tierra lisa	0.017	0.025
Canales de metal corrugado	0.022	0.03
Canales excavado en tierra, lisos	0.025	0.033
Canales cortados en roca, lisos	0.025	0.035
Canales lechos rugosos y hiervas a los lados	0.025	0.04
Canales cortados en rocas, irregulares	0.035	0.045
Corrientes naturales muy lisas	0.025	0.033
Corrientes naturales muy rugosas	0.045	0.06
Corrientes naturales muy enyerbadas.	0.075	0.15

**Tabla A-22: Valores del coeficiente de Manning.**

Sección transversal	Área	Perímetro mojado	Radio hidráulico
Triangular	$Y^2$	$2\sqrt{2}Y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}Y$
Rectangular	$2 Y^2$	$4Y$	$Y/2$
Trapezoidal	$\sqrt{3} Y^2$	$2Y\sqrt{3}$	$Y/2$
Circular	$\pi Y^2/2$	$\pi Y$	$Y/2$

**Tabla A-23: Eficiencia hidráulica en canales.**

Tipo	Suelos que lo componen	Potencia del Equipo requerido
I	Suelos sueltos 1.- Arenas 2.- Arcillas blandas 3.- Gravas 4.- Limos 5.- Capa vegetal	36 – 65 HP
II	Suelos compactos o rocas blandas. 1.- Arcilla compacta 2.- Areniscas blandas 3.- Calizas blandas 4.- Rocas fisuradas	100 – 150 HP
III	Suelos de dureza media. 1.- Calizas duras 2.- Areniscas 3.- Duras 4.- Masas de rocas medianamente alteradas.	150 – 180 HP
IV	Roca dura 1.- Calizas muy compactas 2.- Rocas ígneas blandas 3.- Rocas metamórficas blandas	180 – 350 HP
V	Rocas muy duras 1.- Granitos 2.- Basaltos 3.- Mármoles	350 HP y explosivos

**Tabla A-24: Clasificación de los suelos en función de su Comportamiento ante el equipo de construcción.**



Descripción	%	Descripción	%
Agua	30	Adoquines	5
Arena	30	Alambre de amarre	10
Cemento	5	Azulejos	5
Concreto para columnas y muros	4	Bloques	7
Concreto para fundaciones	5	Cerámica	5
Concreto para losas	3	Clavos	30
Concreto para vigas intermedias	5	Formaletas	20
Estribos	2	Gypsum	5
Grava	15	Ladrillo cuarterón	10
Lechada cemento blanco	15	Láminas de zinc	2
Mortero para acabados	7	Piedra cantera	7
Mortero para juntas	30	Plycem	10
Mortero para pisos	10	Varillas corrugadas	3

**Tabla A-25: Porcentajes de desperdicio de algunos materiales de construcción.**

Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup> .			F'c a los 28 días (KG/cm <sup>2</sup> )
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	Grava (M <sup>3</sup> )	
1:1.5:1.5	12.5	0.527	0.527	288
1:1.5:2	11.3	0.475	0.634	270
1:1.5:2.5	10.2	0.430	0.716	245
1:1.5:3	9.4	0.396	0.792	230
1:2:2	9.8	0.552	0.552	205
1:2:3	8.5	0.478	0.717	185
1:2:4	7.4	0.413	0.827	147

**Tabla A-26: Proporciones para CONCRETO.**

Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup>		F'c a los 28 días (KG/cm <sup>2</sup> )
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	
1:3	10.66	1.09	250
1:4	8.5	1.16	220
1:5	7.13	1.20	180
1:6	6.14	1.20	140
1:7	5.33	1.25	120
1:8	4.75	1.25	90

**Tabla A-27: Proporciones para MORTERO.**

Obra	Periodo de retorno (años)
Estructuras provisionales en zanja	5
Drenaje longitudinal, cunetas, etc.	5-10
Estructuras semipermanentes	10
Terrazas de desagües	10
Pequeñas estructuras permanentes	15-20
Terraza de absorción, aliviaderos	20
Grandes estructuras permanentes	50-100

**Tabla A- 28: Periodos de retorno según la obra de drenaje**

T: años	A	B	n
1.5	3457.204	20.0	1.035
2	4645.181	25.0	1.051
5	5131.555	28.2	1.004
10	6856.948	33.0	1.021
15	10266.968	40.0	1.073
25	13464.293	45.0	1.1
50	22745.214	55.0	1.164
100	37471.591	65.0	1.225

**Tabla A -29: Parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma  $I=A/(t + d)^b$**

I: es la intensidad de lluvias en mm/hora,  $t_c$  – tiempo de concentración y A, B, n son coeficientes que se determinan con los datos intensidades de lluvias, proporcionados por Ineter.

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA  
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL**

Estación: Ticuantepe (FCA PALMIRA)  
Departamento  
Latitud: 12° 01' 30"  
Año: 1950-2011  
Parámetro: precipitación (mm)

Código: 690124  
Municipio: Ticuantepe (FCA PALMIRA)  
Longitud: 86°12'24"  
Elevación: 280 msnm  
Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971					30.5								30.5
1980							2.0						2.0
1984				9.1	63.3	292.2	146.1	114.6	553.7	86.5	7.9	1.5	1,274.9
1985	6.3	0.6	20.6	138.4	80.0	60.6	110.3	96.7	237.5	82.1	17.6		853.8
1986	0.0	2.3	1.6	0.0	302.7	195.1	80.9	45.0	137.6	63.6	0.0	9.4	838.2
1987	6.4	0.0	0.5	0.0	100.9	129.0	302.1	189.0	189.2	217.3	11.2	61.5	1,207.1
1988	5.4	2.0	0.0	1.1	169.6	283.9	214.7	327.4	283.3	504.5	69.5		1,861.4
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	203.1	77.6	56.6	198.1	99.1	20.8	11.0	703.5
1993	34.5	0.0	0.0	39.8	567.9	214.1	88.5	222.5	367.5	92.2	63.8	6.0	1,696.8
1994	13.5	1.5	0.5	30.3	204.6	100.7	20.1	37.0	178.4	200.0	110.0	5.5	902.6
1995	0.0	0.0	53.4	53.6	8.2	304.2	143.4	338.7	240.5	196.6	27.7	25.7	1,392.0
1996	10.6	0.0	0.0	0.5	253.7	156.5	320.0	255.0	251.4	361.9	214.1	2.4	1,826.1
1997	13.6	61.4	1.2	18.6	0.0	277.1	40.7	74.1	128.0	264.1	135.8	0.3	954.9
1998	0.0	5.9	0.0	0.0	144.3	81.8	186.1	183.2	248.5	692.0	109.8	17.8	1,669.4
1999	4.9	65.9	2.5	1.3	158.7	135.3	157.9	115.7	426.6	285.2	41.7	3.2	1,398.9
2000	0.6	0.8	1.3	8.4	76.9	224.4	41.2	60.2	344.7	222.3	36.6	4.9	1,022.3
2001	1.7	6.5	0.0	0.0	125.7	98.3	89.1	202.9	332.9	130.3	47.1	3.2	1,037.7
2002	7.1	3.7	0.1	0.0	646.1	173.0	116.2	61.5	221.1	138.8	41.6	4.8	1,414.0
2003	0.2	3.7	14.0	0.6	305.2	325.9	117.1	38.9	91.6	174.0	63.7	12.0	1,146.9
2004	6.9	1.5	4.9	49.5	223.5	144.2	190.1	69.9	204.3	254.6	36.9	0.2	1,186.5
2005	0.0	0.0	21.0	46.0	315.9	352.6	111.6	151.3	232.4	338.6	48.3	7.0	1,624.7
2006	17.	7.2	2.0	0.0	164.1	121.4	79.0	29.1	172.3	181.6	14.8	3.0	791.7
2007	0.0	0.0	0.0	17.5	197.0	167.8	74.1	263.8	279.1	208.3	144.8	10.5	1,362.9
2008	5.8	0.0	1.3	64.5	196.8	61.0	167.8	134.2	255.9	501.4	46.8	5.7	1,441.2
2009	7.2	0.0	0.0	0.6	179.6	150.7	46.7	70.1	66.0	185.8	138.3	17.2	862.2

**Tabla  
A -30**

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA**  
**RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL**

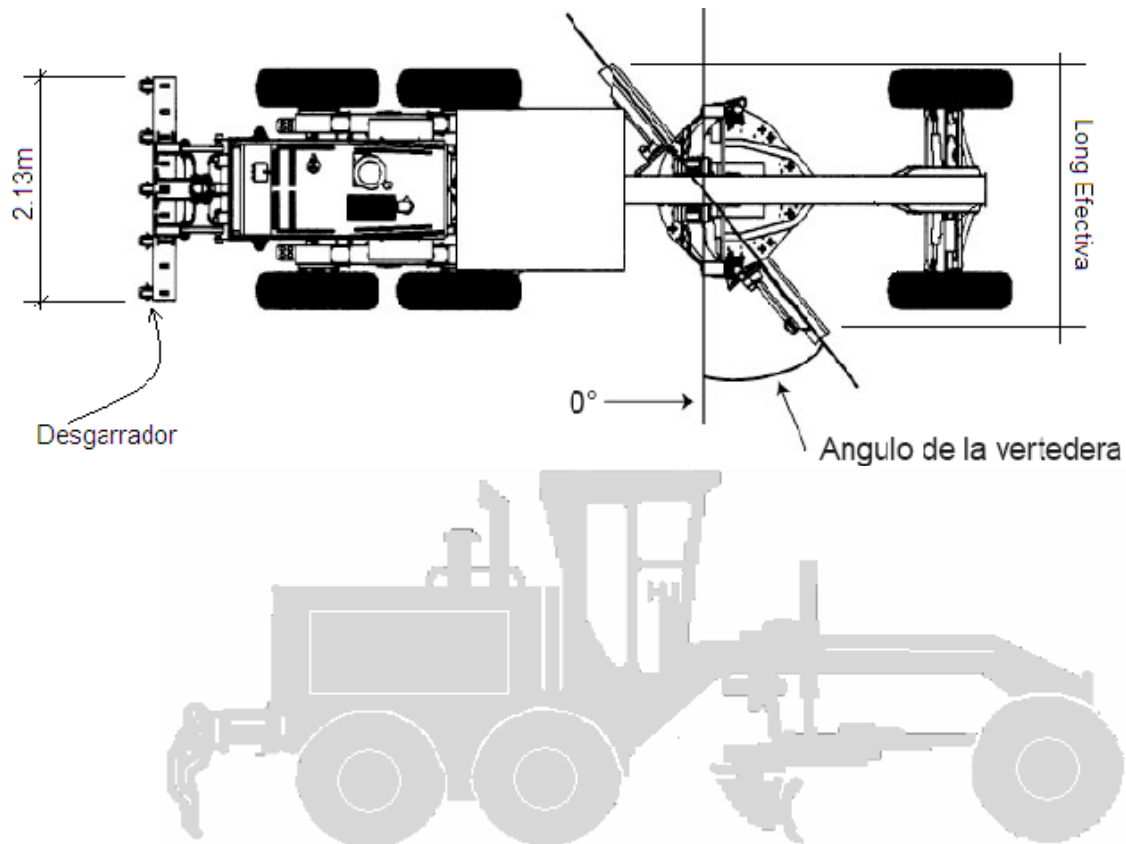
Estación: Ticuantepe (FCA PALMIRA)  
Departamento  
Latitud: 12° 01' 30"  
Año: 1950-2011  
Parámetro: precipitación (mm)

Código: 690124  
Municipio: Ticuantepe (FCA PALMIRA)  
Longitud: 86°12'24"  
Elevación: 280 msnm  
Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
Suma	141.9	105.5	104.9	362.0	4,610.8	4,274.3	2,871.6	3,151.0	5,499.8	5,636.2	1,515.8	230.4	28,502.2
Media	6.5	4.8	4.8	15.7	192.1	178.1	124.9	137.0	239.1	245.1	65.8	10.5	1,140.1
Max	34.5	65.9	53.4	64.5	646.1	352.6	320.0	338.7	553.7	692.0	214.1	61.5	1,861.4
Min	0.6	0.8	0.5	0.5	8.2	2.0	20.1	29.1	66.0	63.6	7.9	1.5	2.0

**Tabla A-31**

### Motoniveladora Cat 120H

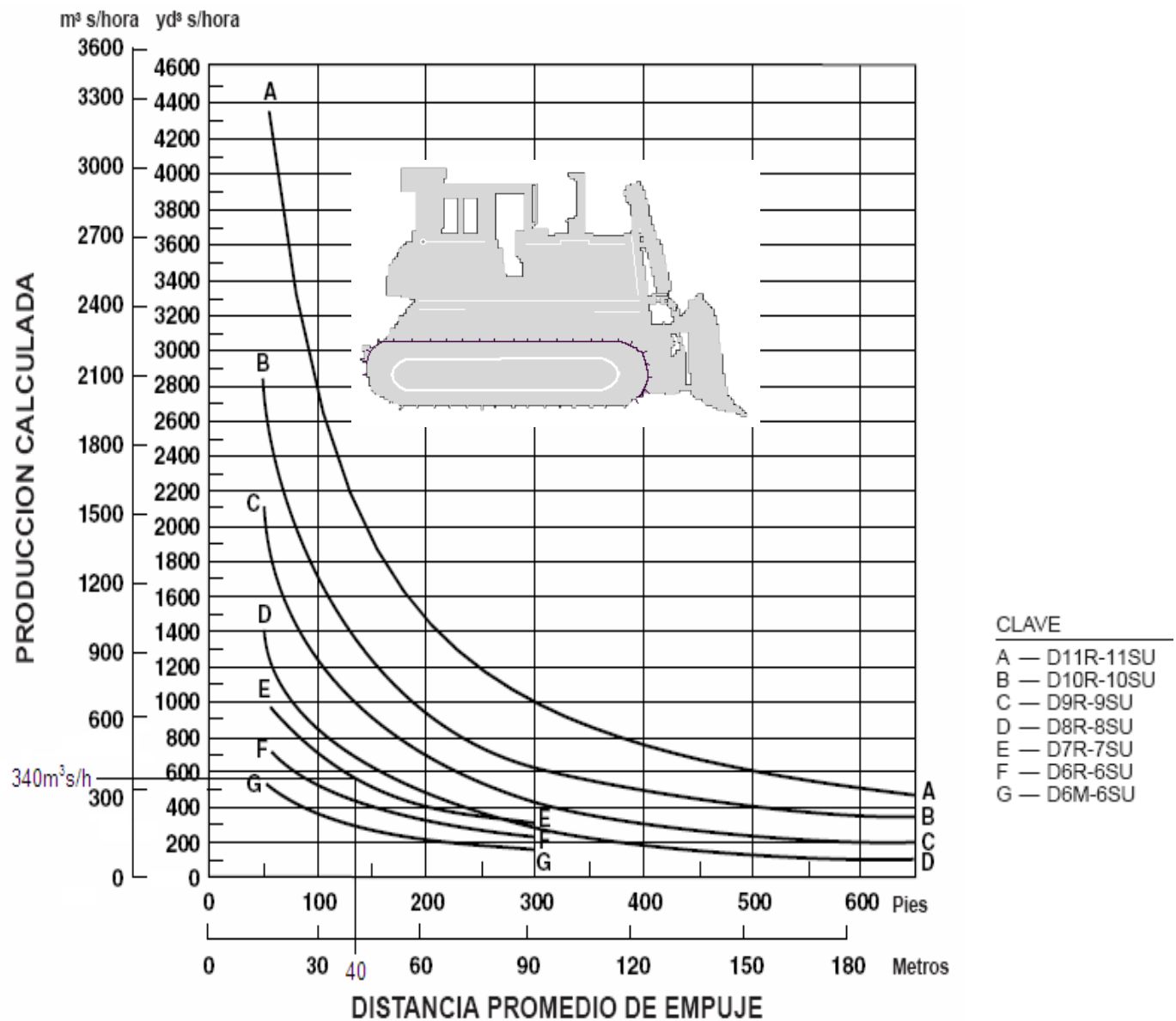


**Longitud efectiva de la hoja\***

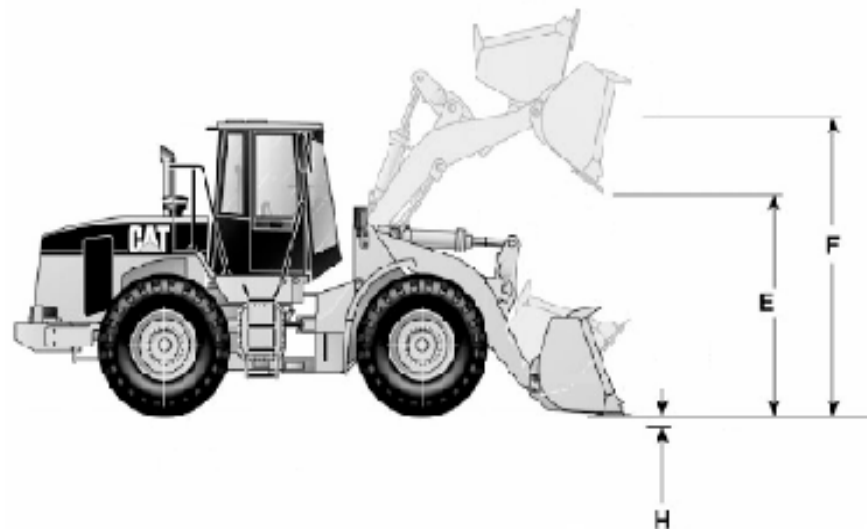
		Vertedera							
		3,66 m (12')		4,27 m (14')		4,88 m (16')		7,32 m (24')	
Angulo°		m	pies	m	pies	m	pies	m	pies
	0°	3,66	12,00	4,27	14,00	4,88	16,00	7,32	24,00
	5°	3,64	11,95	4,25	13,95	4,86	15,94	7,29	23,91
	10°	3,60	11,82	4,20	13,79	4,80	15,76	7,21	23,64
	15°	3,53	11,59	4,12	13,52	4,71	15,45	7,07	23,18
	20°	3,44	11,28	4,01	13,16	4,58	15,04	6,87	22,55
	25°	3,32	10,88	3,87	12,69	4,42	14,50	6,63	21,75
	30°	3,17	10,39	3,69	12,12	4,22	13,86	6,33	20,78
	35°	3,00	9,83	3,50	11,47	4,00	13,11	5,99	19,66
	40°	2,80	9,19	3,27	10,72	3,74	12,26	5,61	18,39
	45°	2,59	8,49	3,02	9,90	3,45	11,31	5,17	16,97

\*La longitud efectiva de la hoja es la cobertura de la hoja que se puede obtener cuando la hoja está a un ángulo determinado.

### Tractor Cat D7R LGP, Tabla A-32



**Producción teórica de tractores D7R utilizando hoja semi-universal (SU)**



E	Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo	2,84 m	9'4"
F	Altura al pasador del cucharón en levantamiento máximo	3,87 m	12'8"
H	Profundidad máxima de excavación	86 mm	3,4"

#### Cargadora Frontal de Ruedas Cat 928G

### FACTORES DE TIEMPO DE CICLO

El promedio del tiempo de ciclo básico (carga, descarga, maniobra) de un cargador articulado es de 0,45-0,55 min.

#### Máquina

— Manipulador de materiales.....-0,05

#### Materiales

— Mezclados.....+0,02  
 — Hasta 3 mm (1/8 pulg).....+0,02  
 — De 3 mm (1/8 pulg) a 20 mm (3/4 pulg).....-0,02  
 — De 20 mm (3/4 pulg) a 150 mm (6 pulg).....0,00  
 — Más de 150 mm (6 pulg).....+0,03 y más  
 — Banco o fracturado.....+0,04 y más

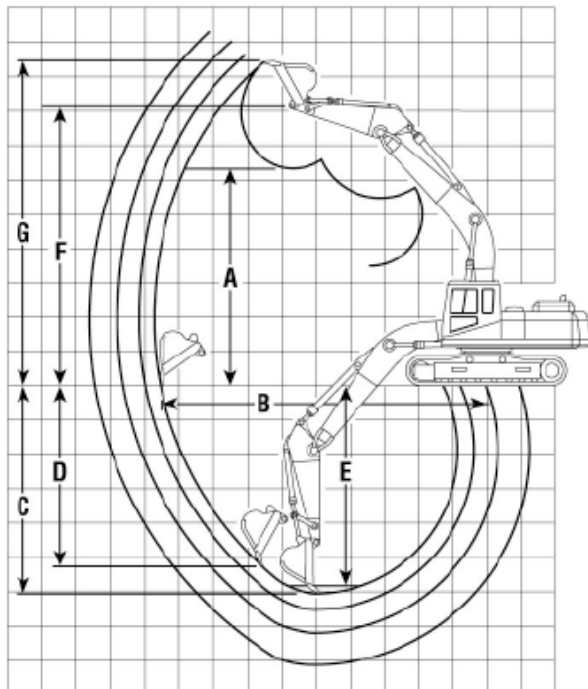
#### Pila

— Apilado por Transportador o Topadora a más de 3 m (10 pies).....0,00  
 — Apilado por Transportador o Topadora a menos de 3 m (10 pies).....+0,01  
 — Descargado por camión.....+0,02

#### Varios

— Mismo propietario de camiones y cargadores.....Hasta - 0,04  
 — Propietario independiente de camiones.....Hasta + 0,04  
 — Operación constante.....Hasta - 0,04  
 — Operación intermitente.....Hasta + 0,04  
 — Punto de carga pequeño.....Hasta + 0,04  
 — Punto de carga frágil.....Hasta + 0,05

Utilizando las condiciones reales del trabajo y los factores indicados, se puede estimar el tiempo de ciclo total.



#### Pluma de una pieza

#### Límites de excavación

- Zapatas y tren de rodaje estándar

#### CLAVE:

- A** Altura máxima de carga del cucharón con dientes.
- B** Alcance máximo a nivel del suelo.
- C** Profundidad máxima de excavación.
- D** Excavación vertical máxima.
- E** Profundidad máxima de excavación con fondo plano de 2,44 m (8'0").
- F** Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.
- G** Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

#### Fabricadas en Japón

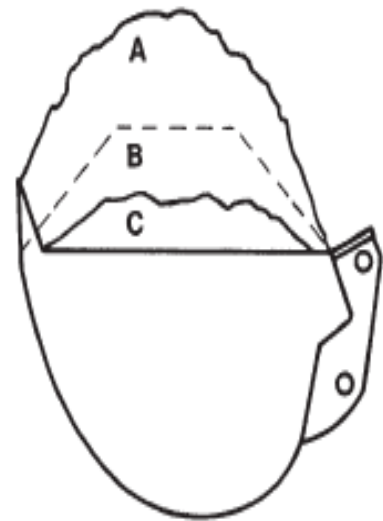
Brazo	1,8 m
	m
<b>A</b>	5,88
<b>B</b>	8,21
<b>C</b>	5,47
<b>D</b>	3,45
<b>E</b>	5,46
<b>F</b>	7,30
<b>G</b>	8,53

Excavadora Cat 318B L



## CARGA UTIL DEL CUCHARON

Material	Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	A — 100-110%
Arena y grava	B — 95-110%
Arcilla dura y compacta	C — 80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%



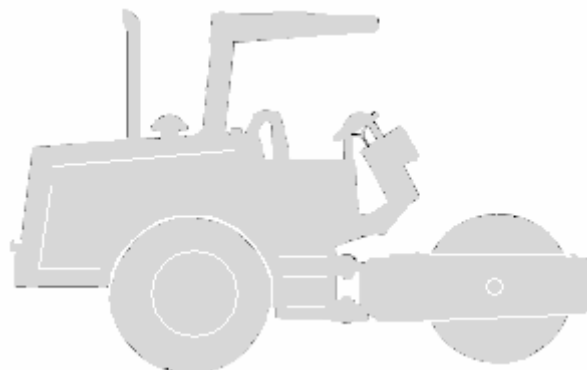
## Dimensiones de Excavadora 328B L

**Metros cúbicos por hora de 60 minutos**

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON — METROS CUBICOS SUELTOS																				Tiempos de Ciclo Calculados	
Tiempo en		0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0	Ciclos por min.	Ciclos por seg.	
Seg.	Min.																						
10,0	0,17																				6,0	360	
11,0	0,18																				5,5	330	
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300	
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270	
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240	
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210	
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720	3,0	180	
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150	
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120	
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102	
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90	
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78	
50,0	0,83																				1,2	72	

**Tabla A-33: Producción teórica excavadoras de cadena.**

### Compactador vibratorio Cat CS 533D

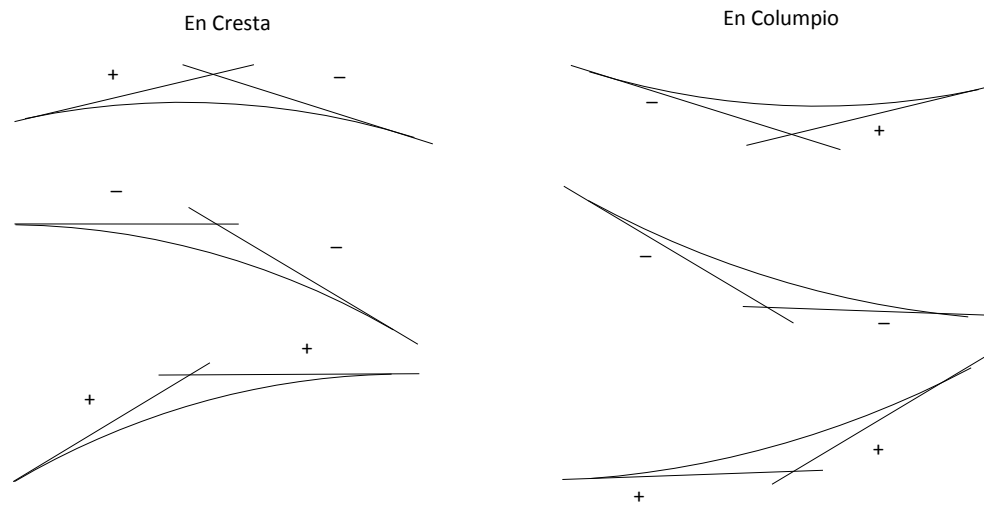


Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

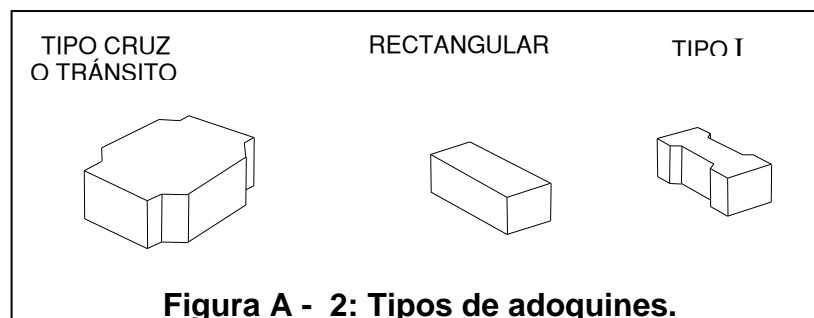
Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)  
 Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculos de producción			
	cm	pulg	cm	pulg			Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Areas abiertas
CS-323C	127	50	10,2	4	6	m³/hr yds³/hr	80 104	111 145	122 159
CS-431C, CS-433C	167,6	66	10,2	4	4	m³/hr yds³/hr	159 209	249 326	249 326
CS-531D, CS-533D	213,4	84	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	239 313	299 391	324 424
CS-583D	213,4	84	15,2	6	4	m³/hr yds³/hr	— —	448 587	486 636
CP-323C	127	50	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	120 156	133 174	183 239
CP-433C	167,6	66	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	159 209	199 261	249 326
CP-533D, CP-563D	213,4	84	30,5	12	6	m³/hr yds³/hr	478 626	478 626	647 847

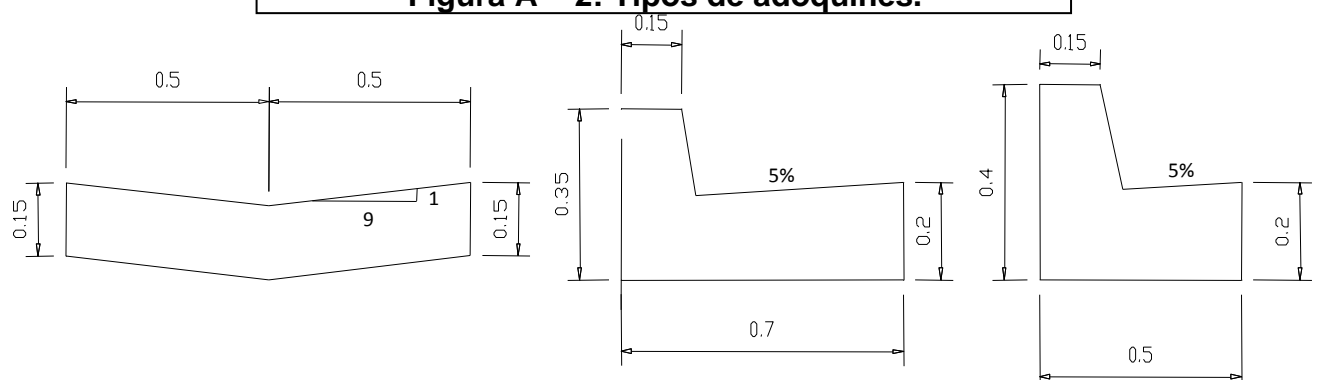
**Tabla A- 34: Producción de Compactadoras vibratorias**



**Figura A - 1: Curvas Verticales.**

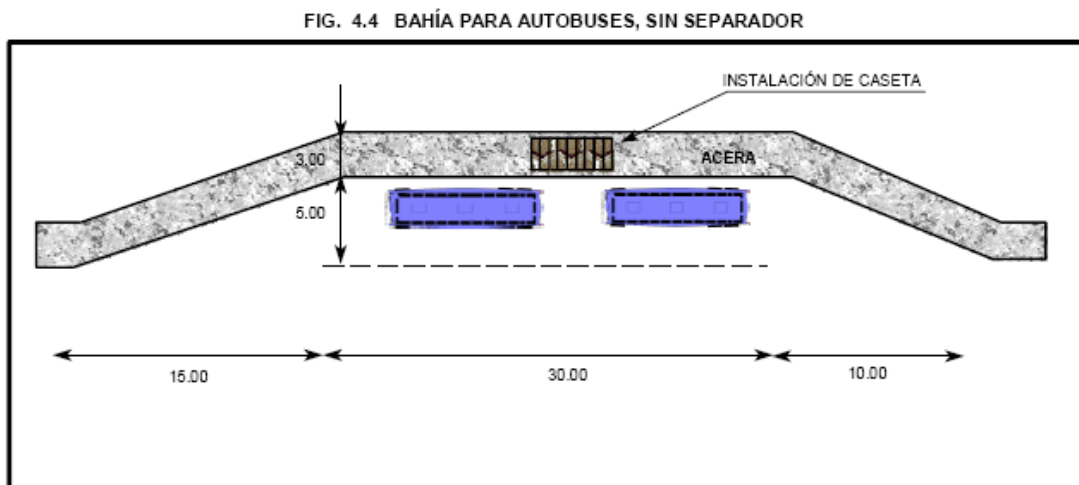
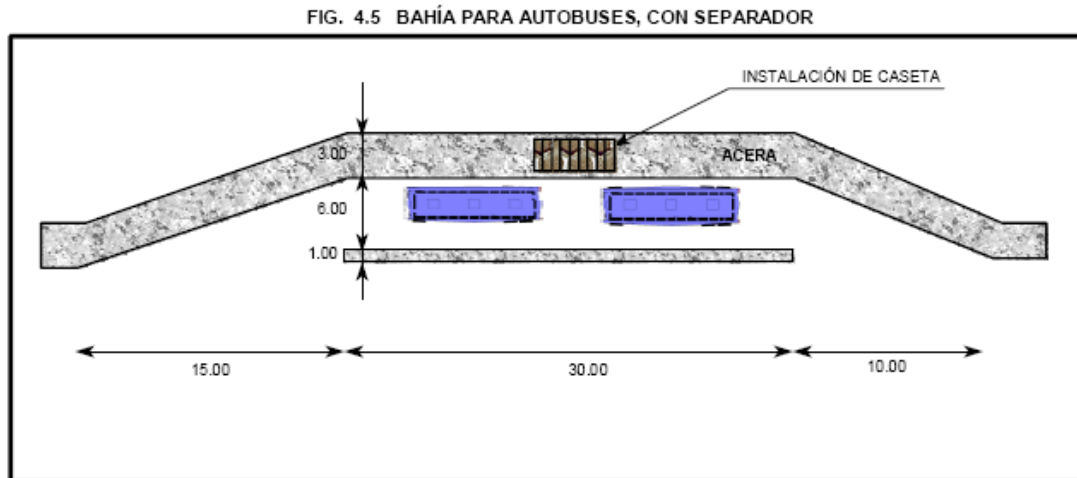


**Figura A - 2: Tipos de adoquines.**



**Figura A - 3: Tipos de cunetas.**

**Figura A - 4: Dimensiones para el diseño de bahías de autobuses.**



## RESUMEN DE RESULTADOS

Datos	Curvas horizontales				
	1	2	3	4	5
Est. PC	0+319.10	0 + 616.96	0 + 794.24	0 + 941.07	1 + 096.55
Est. PT	0+360.70	0 + 662.78	0 + 883.38	1 + 016.65	1 + 178.71
Radio (R)	152.20	145.0m	160.0 m	128.0m	102.0m
Ángulo de deflexión (Δ)	15° 38' 31"	18°06'23"	31°55'18"	33°50'08"	46°09'03"
Grado de curvatura (G)	7°31' 45"	7°54'10.43"	7°09'43.2"	8°57'09"	11°14'04"
Tangente (T)	23.104m	23.104m	45.761 m	38.93m	43.455 m
Desarrollo (D)	41.55 m	45.822m	89.1418m	41.55m	82.16 m
Cuerda máxima (CM)	41.42 m	45.632m	87.994 m	74.49m	79.96 m
Mediana (M)	1.42 m	1.806 m	6.1680 m	5.54m	8.16 m
Externa (E)	1.43 m	1.829 m	6.4146 m	5.78m	8.87 m

**Tabla A- 34: Datos de curvas horizontales**

Datos	Curvas verticales		
	1	2	3
Ubicación	TRAMO 1	TRAMO 1	TRAMO 2
Est. PCV	0 + 355	1 + 010	1 + 620
Est. PIV	0 + 365	1 + 020	1 + 630
Est. PTV	0 + 375	1 + 030	1 + 640
Dif. Algb (A)	1.769%	0.74%	1.32%
Tipo	Columpio	Columpio	Columpio
Longitud	20.00m	20.00m	20.00m
Est. Pto.+ Bajo/Alto	0+355	1+010	1+620
Elv. Pto.+ Bajo/Alto	107.134m	130.683m	154.977m
Elv. PCV	107.134m	130.683m	154.977m
Elv. PTV	107.443m	131.621m	155.755m

**Tabla A- 35: Datos de curvas verticales**

<b>AFORO</b>	<b>Veh. Livianos</b>	<b>Veh. Pesados</b>
Aforo 1	606	39
Aforo 2	604	39
Aforo 3	647	38
Total (Veh.)	1857	116
Veh. Mixtos	1973	
Veh. Mixtos por carril (50/50)	987	
<b>TPD (Veh/día)</b>	<b>329</b>	

**Tabla A-36: aforo vehicular**

<b>Adoquín</b>	10c m	Tipo cruz, 49MPa
<b>Arena</b>	5cm	Motastepe
<b>Base</b>	27c m	Hormigón rojo.
<b>TOTAL</b>	42cm	Espesor de estructura

**Tabla A-37: espesores de estructuras de pavimentos**

<b>Descripción</b>	<b>y</b>	<b>Z</b>
Cuneta	0.30m	2
Vados	0.17m	7

**Tabla A- 38: Diseño hidráulico**

ETAPA	INICIA	FINALIZA	DURACIÓN
1	02/07/12	20/02/13	168 d

**Tabla A-39: Fechas de ejecución del proyecto.**

Tramo	Costos en materiales	Costos en maquinaria	Costos en mano de obra	Suma Total
2km	C\$ 4,008,771.81	C\$ 657,742.015	C\$ 970,358.98	C\$ 5,636,872.81

**Tabla A-40: Detalles de costos directos.**

COSTO TOTAL DE LA OBRA
C\$ 9,216,091.727

**Tabla A-41**



## FOTOS

Foto tomada el 25/05/2012



Estacion 0 + 000. Vista del inicio del camino. Direccion Norte – Sur.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista del inicio del camino. Nótese el mal estado en que se encuentra el camino. Dirección Sur – Norte.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista de la curva horizontal 1 con  $PI = 0 + 340$ .

Dirección Sur - Norte.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista hacia la curva horizontal 2 con  $PI 0 + 640$ .

Dirección Sur – Norte.



Foto tomada el 25/05/2012



Vista de la curva horizontal 3 con EST. PI = 0 + 840

Dirección Norte – Sur.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista hacia la curva horizontal 4 con EST. PI = 0 + 980

Dirección Norte – Sur.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista hacia la curva horizontal 5 con EST. PI = 1 + 140

Dirección Sur – Norte.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista de la curva vertical 1 con EST. PIV = 0 + 365. Muy cerca de la curva horizontal 1.

Dirección Sur – Norte.



Foto tomada el 25/05/2012



Vista de la curva vertical 2 con EST. PIV = 1 + 020

Dirección Norte – Sur.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista hacia la curva vertical 3 con ESTACION PIV = 1 + 630.

Dirección Sur – Norte.

Foto tomada el 25/05/2012



Vista de la curva vertical 3 con EST. PIV = 1 + 630.

Dirección Norte – Sur.

Foto tomada el 25/05/2012



ESTACION 0 + 560 .Vista del eje del camino.

Dirección Norte – Sur.



Foto tomada el 25/05/2012



ESTACION 1 + 785. Vista del eje del camino.

Dirección Sur – Norte.

Foto tomada el 25/05/2012



ESTACION 1 + 980. Vista del final del eje del camino.

Dirección Norte – Sur.

## **PLANOS**